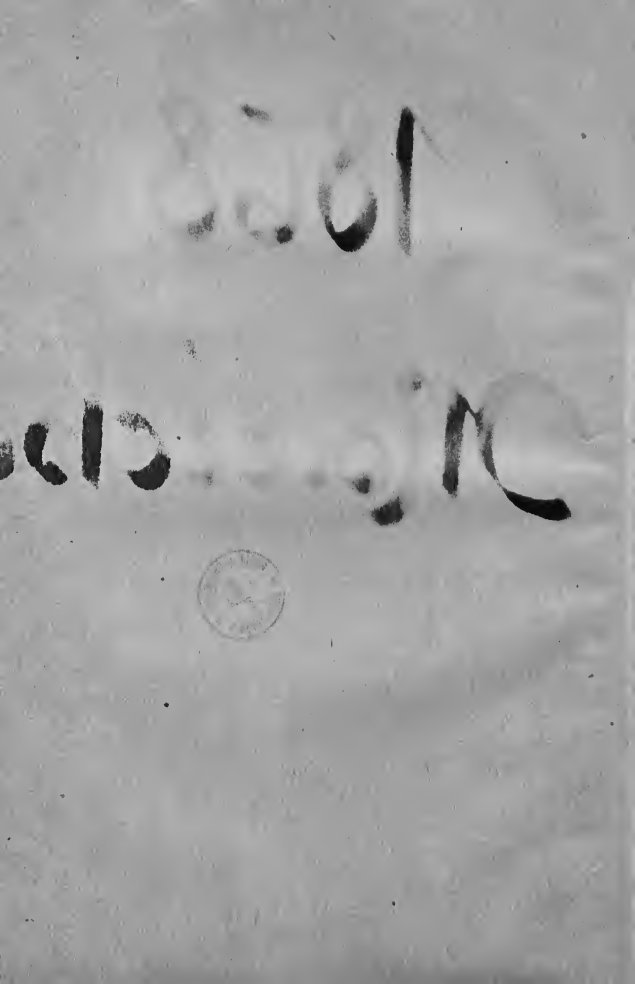
1868
Maréchal





ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS.

ÉTUDE CHIMIQUE

DE L'URINE

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS

Le 29 *août* 1868,

POUR OBTENIR LE TITRE DE PHARMACIEN DE PREMIÈRE CLASSE

PAR

Louis-Eugène MARÉCHAL,

né au Cateau (Nord),

INTERNE DES HÔPITAUX ET HOSPICES CIVILS DE PARIS,
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS,
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'ÉMULATION
POUR LES SCIENCES PHARMACEUTIQUES.



PARIS
A. PARENT, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE
31, RUE MONSIEUR-LE-PRINCE, 31
1868

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

ADMINISTRATEURS.

MM. Bussy, directeur,
Buignet, professeur titulaire,
Chatin, professeur titulaire.

PROFESSEUR HONORAIRE.

M. Caventou.

PROFESSEURS.

MM. BUSSY	Chimie inorganique.
BERTHELOT	Chimie organique.
LECANU	Pharmacie.
CHEVALLIER	Pharmacie.
CHATIN	Botanique.
A. MILNE-EDWARDS.	Zoologie.
N.	Toxicologie.
BUIGNET	Physique.
PLANCHON	Histoire naturelle des médicaments.

PROFESSEURS DÉLÉGUÉS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

MM. Bouchardat.
Regnauld.

AGRÉGÉS.

MM. Lutz.
L. Soubeiran.
Riche.
Bouis.

MM. Grassi.
Baudrimont.
Ducom.

Nota.—*L'Ecole ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les candidats.*

A MON PÈRE

Témoignage de mon affection et de ma reconnaissance pour les sages conseils dont il n'a cessé d'entourer mes pas dans la carrière qu'il a si dignement remplie.

A MON EXCELLENTE MÈRE

RESPECT, AMOUR FILIAL.

A MA SŒUR — A MA FAMILLE

AFFECTION, DÉVOUEMENT.

A MES AMIS

AMITIÉ, SOUVENIR.

A M. LE Dr PIDOUX,

MÉDECIN DE LA CHARITÉ,
MÉDECIN DES EAUX-BONNES,
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, ETC.

A M. LE Dr PELLETAN,

MÉDECIN DE LA CHARITÉ
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, ETC.

A M. FORDOS,

PHARMACIEN EN CHEF DE L'HÔPITAL LA CHARITÉ,
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, ETC.

A MES COLLÈGUES LES INTERNES DE L'HOPITAL
DE LA CHARITÉ,

1867-1868. — 1868-1869.

Souvenir de leur bonne confraternité.

MANIPULATIONS

CHIMIQUES.

I. Urée.

Cyanure jaune de potasse et de fer	280
Péroxyde de manganèse	148
Sulfate d'ammoniaque sec	205
Alcool à 90°	1000

II. Chlorure de sodium et d'urée.

Urée	50
Chlorure de sodium	50

III. Acide urique.

Guano du Pérou	2000
Carbonate de potasse	q. s.
Chaux éteinte	q. s.
Acide chlorhydrique	q. s.

IV. Urate acide d'ammoniaque.

Acide urique	20
Ammoniaque en solution	q. s.

V. Dosage de l'urée dans l'urine.

PHARMACEUTIQUES.

I. Tablettes de Vichy.

Bicarbonate de soude	25
Sucre blanc	975
Mucilage de gomme adragante	90

II. Extrait de digitale.

Feuilles sèches de digitale	1000

III Gelée de corne de cerf.

Corne de cerf râpée	250
Sucre blanc	125
Citron	n° 1

IV. Petit lait.

Lait de vache pur	1000

V. Acide lactique.

Lactate de chaux	1000
Acide sulfurique à 1,84	350
Alcool à 90°	1000

ÉTUDE CHIMIQUE

DE L'URINE

Ayant eu souvent, dans le service des hôpitaux de Paris, l'occasion d'étudier les urines pathologiques, je pris note de plusieurs observations remarquables qui, plus tard, m'ont inspiré l'idée d'une thèse sur l'analyse chimique des urines.

Le sujet que je viens aujourd'hui soumettre à l'appréciation de mes juges a été depuis longtemps l'objet de longues et savantes recherches : je n'ai donc pas la prétention de présenter mon travail comme nouveau et particulier : ce n'est que l'exposé succinct et rapide des différentes études sur l'urine, dues aux plus grands chimistes, et auxquelles j'ai réuni quelques observations qui me sont personnelles. L'étendue et la diversité du sujet en font un champ très-vaste, qui exercera longtemps encore l'intelligence et le labeur des hommes qui s'occupent de l'étude si pénible et pourtant si attrayante des sciences chimiques. J'ai cru devoir aussi, quoique indigne, venir payer mon tribut, et concourir dans mes faibles moyens à l'intelligence de cette partie de la chimie. Je dois ici remercier M. Fordos, pharmacien en chef de l'hôpital de la Charité, qui, par ses conseils, m'a facilité les recherches que nécessitait l'étude consciencieuse du sujet.

Je diviserai mon travail en quatre parties : 1° de l'urine en gé-

néral; 2° des produits contenus dans l'urine normale ; 3° des produits contenus dans l'urine pathologique ; 4° de la recherche des médicaments et des toxiques qui éliminés par les reins, peuvent se trouver accidentellement dans l'urine. Je vais donc passer en revue d'une manière générale, quoique brève, tout ce qui a trait à cet important sujet.

PREMIÈRE PARTIE

De l'urine en général.

Historique. — Les hommes qui ont consacré leur intelligence et leur temps à l'étude de la médecine se sont toujours occupés de l'examen de l'urine, même aux époques les plus reculées. Hippocrate en parle longuement, et pose le premier les règles à suivre : « Examinez, dit-il, s'il n'y a point de maladies particulières à la vessie urinaire; car, dans ce cas, l'examen de l'urine ne dirige que pour la vessie et non pour tout le corps. » Hippocrate pose ainsi ce précepte dont la vérité a été confirmée depuis : que les divers états auxquels l'urine peut se présenter à nos investigations, sont des effets et non des causes.

Plus tard les médecins qui se suivirent dans la carrière si brillamment ouverte par le Père de la médecine, donnèrent à l'examen des urines une importance exagérée, qui leur valut le nom de médecins d'urine. Les théories médicales qu'ils établissaient sur la simple observation n'avaient le plus souvent aucune justesse; mais n'oublions pas que les données de l'anatomie et de la physiologie leur faisaient défaut. Il leur manquait encore l'appui des sciences physiques et chimiques qui, depuis, ont fait de si grands progrès et ont éclairé de leurs lumières l'étude si vaste et si compliquée de l'urine, soit normale, soit pathologique. En effet l'analyse chimique remonte à l'année 1669, époque où cette science était encore dans l'enfance, et entre les mains des alchimistes. Brandt, négociant banqueroutier de Hambourg, cherchant la

pierre philosophale dans l'urine, y trouva le phosphore qui indiquait la présence des phosphates. Un siècle après, Rouelle le jeune isola l'urée, en 1772; quatre ans plus tard, Scheele à qui la chimie doit les plus remarquables découvertes, trouva l'acide urique. Viennent ensuite Fourcroy, Vauquelin, Berzélius, qui ont publié sur l'analyse de l'urine de magnifiques travaux. Le microscope, et en dernier lieu l'action si puissante et en même temps si délicate de la lumière polarisée, ont permis d'étudier plus à fond cet intéressant sujet qui cependant est loin d'être épuisé.

En terminant je citerai les savants qui, dans ce siècle, ont le plus contribué aux progrès de l'urologie.

Ce sont, en Angleterre, Brandes, Proust, Golding Bird, Beale; en Allemagne, Liebig, Woehler, Lehmann, Pettenkofer, Heintz; en France, MM. Bouchardat, Guibourt, Lecanu, Bussy, Rayer, Becquerel, Donné, Millon, Robin et Verdeil, etc.

Composition. — L'urine normale n'a pas une composition constante définie, aussi les chiffres donnés par les auteurs présentent des différences importantes.

Berzélius est le premier qui ait dosé les principes contenus dans l'urine. Son analyse, qui date de 1809, le conduisit aux résultats suivants.

1,000 parties de l'urine d'un homme sain et adulte sont composées de :

Matières organiques.

Eau	933.00
Urée	30.10
Acide urique	1.00
Acide lactique libre Lactate d'ammoniaque Extrait de viande soluble dans l'alcool Matières extractives solubles dans l'alcool	17.14
Mucus	0.32

Matières inorganiques.

Sulfate de potasse	3.71
Sulfate de soude	3.16
Phosphate de soude	2.64
Biphosphate d'ammoniaque	1.65
Chlorure de sodium	4.45
Chlorhydrate d'ammoniaque	1.50
Phosphate de chaux / Phosphate de magnésie	1.00
Silice	0.03

Berzélius trouva en outre une petite quantité de matière grasse et une huile colorante, de saveur poivrée, qu'il ne put évaluer.

Pendant trente ans cette analyse servit de base à la comparaison des urines et donna lieu à des appréciations inexactes. Elle fut reprise successivement par MM. Lehmann, Lecanu et Becquerel. Ce dernier chimiste a mis tant de soin et de précision dans ses expériences, que les chiffres avancés par lui sont encore adoptés aujourd'hui.

Les résultats de ses analyses sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau indiquant la composition moyenne de l'urine chez l'homme et la femme à l'état normal, et la moyenne déduite de leur addition. Il est construit d'après des analyses de 8 urines saines, 4 d'hommes et 4 de femmes.

ÉLÉMENTS CHIMIQUES CONTENUS DANS L'URINE.	HOMMES.		FEMMES.		MOYENNE GÉNÉRALE.	
	Urine des 24 heures	Composition pour 1000.	Urine des 24 heures	Composition pour 1000.	Urine des 24 heures	Composition pour 1000.
Quantités d'urine	1267.3	1000	1371.7	1000	1319.8	1000
Densité	1018.900	....	1015.120	....	1017.010	....
Eau	1227.779	968.815	1337.489	975.052	1282.634	971.935
Matières autres que l'eau et données par l'évapor. directe	39.521	31.185	34.211	24.948	36.866	28.066
Urée	17.537	13.838	15.582	10.366	16.555	12.102
Acide urique	0.495	0.391	0.557	0.406	0 526	0.398
Sels fixes et indécomposables à la température rouge. { Chlorures, Phosphates, Sulfates } { de chaux, de soude, de potasse, de magnésie }	9.751	7.695	8.426	6.143	(*) 9.089	(**) 6.919
Matières organiques qu'on ne peut isoler et doser séparément. { Acide lactique, Lactate d'ammoniaque, Matières colorantes, Matières extractives, Hydro-chlorate d'ammon. }	11.738	9.261	9.655	8.033	10.696	8.547

Composition des sels fixes sur l'émission des 24 heures et sur 1000 parties d'urine.

(*) *Urine des 24 heures.*

Somme	9.089
Chlore	0.659
Acide sulfurique	1.123
Acide phosphorique	0.417
Potasse	1.708
Bases alcalines et terreuses. { Soude, Chaux, Magnésie }	5.181

(**) *Composition sur 1000.*

Somme	6.919
Chlore	0.502
Acide sulfurique	0.855
Acide phosphorique	0.317
Potasse	1.300
Bases alcalines et terreuses. { Soude, Chaux, Magnésie }	3.944

Ces résultats diffèrent peu de ceux obtenus par M. Lecanu. Depuis cette époque les perfectionnements apportés aux méthodes analytiques et micrographiques, ont fait découvrir de nouvelles substances, telles que la créatine et la créatinine, etc.

Voici, d'après M. le professeur Robin, la composition immédiate de l'urine dans l'état actuel de la science :

Acide carbonique (quelquefois des traces).
Eau en moyenne 971,934 pour 1000.
Silice (quelquefois des traces).
Chlorure de sodium.
Chlorure de potassium.
Chlorhydrate d'ammoniaque.
Sulfate de chaux (des traces).
Sulfate de soude.
Sulfate de potasse.
Phosphate de chaux des os.
Phosphate acide de chaux.
Phosphate acide de soude (c'est à lui surtout que l'urine doit la propriété de rougir le papier de tournesol sans décomposer les carbonates).
Phosphate neutre de soude.
Phosphate basique de soude (à certaines heures de la journée, il la rend alcaline).
Phosphate de potasse.
Phosphate de magnésie.
Phosphate ammoniaco-magnésien (assez souvent à l'état normal dans l'urine neutre).
Carbonate de chaux.
Carbonate de soude.
Carbonate de potasse (quelquefois à l'état normal dans la première enfance).
Carbonate d'ammoniaque (toujours morbide; suppuration des reins).

Lactate de chaux, Lactate de soude, Lactate de potasse.	Probables, mais non directement démontrés. L'acide lactique ne s'y forme qu'accidentellement, après l'émission, par fermentation du sucre, mais n'est pas le principe qui lui donne sa réaction acide.

Oxalate de chaux (accidentellement introduit dans les aliments ou de formation morbide).

Urate de chaux (quelquefois des traces).
Urate de magnésie (idem).
Urate neutre de soude.
Urate acide de soude.
Urate de potasse (des traces).
Urate d'ammoniaque.
Hippurate de soude.
Acide urique (des traces; toujours accidentel ou morbide).
Acide hippurique (idem).
Pneumate de soude (des traces).
Urée (en moyenne, 12,102).
Créatine.
Créatinine.
Cystine (accidentelle ou morbide; des traces).
Sucre du foie ou de diabète (quelquefois des traces, sans qu'il y ait diabète sucré).
Oléine,
Manganèse, } Matières grasses environ 1 pour 1000.
Stéarine.
Mucosine (des traces normalement, plus ou moins, dans le catarrhe vésical).
Urrosacine (matière colorante en petite quantité).

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'URINE.

On me reprochera peut-être de ne pas avoir commencé l'étude de l'urine par l'examen de ses propriétés physiques, mais les travaux anciens que j'ai cités, rattachant intimement sa composition à la partie historique, je n'ai pas cru pouvoir l'en séparer.

L'urine est un liquide excrementitiel sécrété par les reins, d'où il s'écoule lentement et d'une manière continue dans la vessie : là il s'accumule jusqu'à ce que le besoin d'uriner se fasse sentir.

L'urine normale est acide, transparente, elle possède une couleur ambrée, une odeur particulière, s'atténuant par le refroidissement, une saveur amère salée.

L'étude de l'urine, au point de vue physique, a son importance,

aussi, bien que m'éloignant de mon sujet, y consacrerai-je quelques lignes.

Densité. — La densité de l'urine normale est d'environ 1,015 ; celle de l'urine pathologique présente des variations considérables.

Dans l'hystérie, elle descend fréquemment à 1,002 ou 1,003 : elle atteint 1,030 quand l'urine renferme des proportions anormales d'urée, et dépasse même 1,045 dans le diabète.

La densité de l'urine peut se déterminer à l'aide des procédés physiques connus, mais on a recours à un moyen plus expéditif. On emploie un petit instrument appelé urinomètre. La graduation est souvent inexacte, aussi est-il nécessaire de la vérifier. Certains expérimentateurs, parmi lesquels je citerai Becquerel, ont cru que, pour déterminer la proportion de l'eau et des matériaux solides contenus dans l'urine, il suffisait de prendre la densité de ce liquide : en multipliant la différence entre 1,000 et la densité par 2,3, on obtiendrait le poids des matières solides.

M. Becquerel avait établi des tables de concordance à ce sujet. On arrive ainsi à des résultats erronés, car la composition des substances dissoutes et leur condensation dans l'urine sont très-variables.

La mesure de la densité ne peut servir qu'à comparer entre elles des urines dont la composition chimique est presque analogue.

Couleur. — L'urine normale présente une teinte jaune, très-variable, qui est due à des matières colorantes que j'étudierai plus loin.

A l'état pathologique, l'urine peut affecter les couleurs les plus variées ; le vert, le rouge, le bleu, le noir, etc., coïncidant toujours avec la présence de produits morbides. Je m'en occuperai dans la troisième partie de cette thèse.

Après l'ingestion de fruits du *cactus opuntia*, de betterave, de mûres, l'urine devient rouge. L'emploi de la garance donne le même résultat.

La santonine communique à l'urine une teinte jaune très-marquée.

Odeur. — L'odeur de l'urine est caractéristique : dans certaines maladies, elle devient ammoniacale et parfois même sulfureuse.

L'emploi à l'intérieur de l'essence de térébenthine développe dans l'urine une odeur de violette qui est due à l'action de l'essence sur la matière colorante extractive.

Si l'on mange des asperges, l'urine prend une odeur particulière, dont la cause est inconnue; on l'a attribuée à la décomposition de l'asparagine.

Transparence. — L'urine normale est claire, limpide; l'urine pathologique au contraire présente souvent un aspect voilé, dû à la présence du mucus, du pus, du sang ou du sperme. Elle renferme des sédiments qui diffèrent suivant la réaction de l'urine.

Quand elle est acide, le dépôt est formé d'urates; si elle devient alcaline, les phosphates et carbonates de chaux ou de magnésie se précipitent.

Enfin l'urine morbide peut être chyleuse, et alors paraître lactescente.

Consistance. — Tous les corps qui troublent la transparence de l'urine diminuent sa fluidité.

Je citerai en outre l'albumine et le glucose, dont la présence augmente la consistance de l'urine. Le pus lui communique une certaine viscosité; il se produit dans ce cas une réaction chimique, que j'étudierai plus loin.

RÉACTION DE L'URINE.

L'urine normale émise avant les repas ou longtemps après, colore en rouge la teinture de tournesol et possède une acidité proportionnelle à celle du suc gastrique. L'urine de la digestion présente une réaction moins accentuée, parfois même elle devient alcaline. Bien des chimistes ont recherché la cause de cette acidité et l'ont attribuée successivement aux acides phosphorique, lactique, acétique et au phosphate acide de chaux. M. Liebig a demontré, et c'est l'opinion généralement admise aujourd'hui, qu'elle est due à la présence du phosphate acide de soude. Nous verrons plus loin que les reins extraient l'acide urique à l'état libre des urates contenus dans le sang. Mis en présence du phosphate de soude, il le décompose, et cette action donne naissance à de l'urate et du phosphate acide de soude. Lehmann a fait remarquer que l'acidité était hors de proportion avec la quantité de phosphate acide existant dans l'urine. Il faut admettre que les acides urique et carbonique contribuent pour leur part à cette réaction, mais que le phosphate acide en est la cause principale. L'urine doit son alcalinité accidentelle à la présence des carbonates de soude ou d'ammoniaque.

DÉCOMPOSITION DE L'URINE.

Abandonnée à elle-même, l'urine se décompose rapidement et donne naissance à des produits ammoniacaux. Cette altération a été attribuée tantôt à l'action chimique, tantôt au développement d'un ferment organisé. Sous l'influence de l'eau, de la chaleur, des matières colorantes ou extractives, l'urée se détruit et forme du sous-carbonate d'ammoniaque. M. Pasteur attribue la fermentation de l'urine à la production d'infusoires microscopiques, dont les germes ont été apportés par l'air ambiant. Ces germes se multi-

pliant et se nourrissant aux dépens de la matière organique, déterminent la formation de carbonate d'ammoniaque. C'est pourquoi l'urine bouillie et renfermée en vase clos, ne se décompose pas.

La putréfaction peut être hâtée par l'addition de levure de bière ou de dépôt provenant de l'urine altérée. J'ai souvent constaté la présence de ces animalcules dans l'urine, lorsqu'elle commençait à se décomposer. L'urine d'un malade de la salle Saint-Michel, me laissait voir, trois heures après son émission, une foule d'infusoires. Avec un grossissement de 600 diamètres, je distinguais nettement leurs mouvements qui étaient au nombre de deux : l'un de progression dans le liquide, l'autre d'oscillation autour d'un point central qui paraissait tenir lieu de pivot.

La production de carbonate d'ammoniaque dans l'urine détermine la formation de nouvelles substances, qui sont :

Le phosphate basique de chaux, le phosphate ammoniaco-magnésien, le phosphate ammoniaco-sodique, les carbonates de chaux et de magnésie; l'acide carbonique, continuant à se dégager, transforme ces derniers sels en bicarbonates qui se redissolvent. La chaleur détermine de nouveau leur précipitation; l'urine devient pâle, acquiert une réaction alcaline et une odeur ammoniacale. Elle se recouvre d'une pellicule blanchâtre de triple phosphate qui se dépose également sur les parois du vase, et cristallise en petits prismes libres ou soudés en forme d'étoiles.

La fermentation de l'urine s'opère généralement en deux ou trois jours; elle se fait parfois dans la vessie en présence d'un calcul, ou quelques heures après son émission, si elle renferme du mucus, du pus. L'urine des diabétiques exige souvent cinq ou six jours pour se décomposer.

DE L'EAU ET DES MATIÈRES SOLIDES DE L'URINE.

Si l'on considère l'urine à un point de vue général, on remarque

qu'elle est formée de deux parties bien distinctes : l'eau et l'ensemble des matériaux solides qu'elle tient en dissolution. Sa composition présente à ce sujet les moyennes suivantes :

	Quantité.	Eau.	Principes solides.
Hommes..........	1267.3	1227.779	39.521
Femmes.....	1371.7	1337.489	36.866
Moyenne générale..	1319.8	1282.634	36.866

On détermine la quantité d'eau en chauffant l'urine au bain marie jusqu'à siccité complète, et on l'exprime par la différence entre le poids total et celui du résidu. Cette opération très-simple en apparence exige les plus grands soins : car il faut éviter la décomposition des matières organiques. La faible proportion d'eau qui reste toujours dans le résidu compense par son poids celui des produits volatilisés. La quantité d'eau sécrétée par les reins est en rapport avec celle des liquides ingérés : elle doit par conséquent éprouver de grandes variations. M. Becquerel a cependant remarqué qu'à l'état normal et dans l'espace de vingt-quatre heures, le poids de ce liquide n'oscillait qu'entre 800 et 1,500 gr.

On ne peut conclure à une augmentation ou une diminution de la sécrétion urinaire qu'autant que ces limites extrêmes physiologiques sont dépassées.

Les causes qui peuvent déterminer l'augmentation, sont les suivantes :

1° L'introduction dans l'économie d'une grande quantité de liquide : ce qui a lieu dans le diabète, la polydypsie.

2° Les accès hystériques ou nerveux; mais ici l'augmentation n'est que momentanée, accidentelle.

Les causes de diminution sont les plus fréquentes :

1° La fièvre : l'urine est alors fortement colorée, sédimenteuse, elle est dite fébrile;

2° Les affections du cœur et du foie;

3° Les maladies déterminant un trouble fonctionnel général de l'économie. Ex. : hémorrhagie cérébrale, choléra ;

4° La plupart des empoisonnements dans la période suraiguë ;

5° Les sueurs abondantes. Ex. : chez les tuberculeux au troisième degré ;

6° L'approche de la mort, l'agonie.

La proportion des principes solides éprouve aussi des variations, mais moins étendues que celles de la quantité d'eau.

La moyenne pour vingt-quatre heures oscille entre 36 et 41 chez l'homme et entre 32 et 36 chez la femme.

La limite supérieure est dépassée sous l'influence d'une alimentation abondante et dans les cas où l'excrétion de l'eau est exagérée. Dans le diabète, les principes solides atteignent des proportions énormes.

Il y a diminution dans les mêmes circonstances que pour l'eau. On l'observe de plus chez les personnes épuisées, affaiblies par les maladies chroniques, les pertes sanguines, purulentes, la chlorose, etc. Dans ces cas la proportion varie entre 24 et 5 grammes.

Tout ce que je viens de dire ne s'applique qu'aux variations absolues des quantités moyennes sécrétées par vingt-quatre heures.

L'urine peut présenter à la fois une augmentation absolue des principes solides et une diminution relative ; dans ce cas, la proportion d'eau est considérable.

Les matériaux solides de l'urine renferment deux ordres de composés : les matières organiques et les sels minéraux. Si l'on soumet à la calcination, le résidu de l'évaporation de l'urine, les matières organiques sont détruites, et il reste une cendre constituée par les sels organiques. J'en ai fait plus haut l'énumération d'après M. Charles Robin.

L'urine émise aux différents moments de la journée ne présente jamais une composition identique, aussi est-il nécessaire d'être fixé sur l'espèce d'urine qui doit être soumise à nos investigations.

Les anciens avaient classé les urines en trois catégories, et cette distinction est si naturelle qu'elle est encore adoptée aujourd'hui. Ils admettaient :

1° L'urine des boissons, urine claire, peu dense, rendue après l'absorption des liquides.

2° L'urine de la digestion ou du chyle, dense, colorée, peu abondante, émise deux ou trois heures après les repas, et influencée par les aliments ingérés.

3° L'urine du sang ou du matin, que M. Becquerel appelle le produit pur de la sécrétion rénale, foncée, dense, très-acide.

Pour obtenir la composition moyenne de l'urine, il faut opérer sur le total des urines rendues dans l'espace de vingt-quatre heures. Mais les urines présentent des variations importantes d'un jour à l'autre, aussi M. Lecanu avait-il soin, dans ses expériences, d'analyser le mélange des urines de plusieurs jours et d'en prendre la moyenne. Il est parfois difficile de se les procurer; dans ce cas il sera necessaire de porter ses recherches sur l'urine du matin, qui est le plus en rapport avec la composition du sang et paraît être toujours identique à elle-même.

ANALYSE DE L'URINE EN GÉNÉRAL.

La composition de l'urine est tellement complexe qu'il est impossible d'isoler successivement chacun des nombreux principes qu'elle contient. Il suffira dans la plupart des cas de déterminer ses éléments essentiels, comme l'eau, l'urée, l'acide urique, etc. Dans l'étude que je ferai de ces différents produits, je passerai en revue les procédés de recherche et de dosage qui leur sont applicables et particuliers. Je me contenterai d'indiquer ici et d'une manière générale la marche à suivre dans une analyse d'urine.

1° Recueillir l'urine des vingt-quatre heures.

2° Constater sa réaction au papier de tournesol, prendre sa densité et tenir note de ses propriétés physiques;

3° Évaporer à siccité un poids connu de cette urine, peser le résidu. On évaluera ainsi directement les matières solides et par différence la quantité d'eau.

4° Traiter le résidu par l'alcool bouillant; la solution filtrée contient l'urée, que l'on dose comme il sera dit plus loin.

Faire agir l'acide chlorhydrique sur la partie insoluble. L'acide urique se dépose, il est recueilli et pesé. La silice l'accompagne; c'est pourquoi du nombre trouvé il faut retrancher le poids de cette substance, que l'on détermine ultérieurement.

6° Le premier résidu est incinéré : la diminution qu'il subit est précisément le poids du mucus et de l'acide urique. On évalue le mucus par différence.

7° Une deuxième quantité d'urine égale à la première est évaporée à siccité. Le résidu incinéré dans une capsule de platine est maintenu quelques instants à la chaleur rouge, jusqu'à production de cendres blanches. Leur poids est celui des sels fixes.

8° Traités par l'eau distillée ils se dissolvent en partie. La portion insoluble est soumise à l'ébullition avec de l'acide azotique. La silice seule ne se dissout pas et est dosée directement. S'il y a effervescence, la présence des carbonates est démontrée.

9° La solution azotique neutralisée par l'ammoniaque et agitée avec de l'oxalate d'ammoniaque laisse précipiter de l'oxalate de chaux qui sert à déterminer cette base.

10° Après la séparation de la chaux, on fait naître par l'addition d'ammoniaque un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien. La magnésie est alors évaluée.

11° Le liquide renfermant la partie soluble des cendres blanches est soumis aux opérations suivantes:

A. Une première portion acidifiée est traitée par l'azotate d'argent. Les chlorures sont précipités.

B. Une seconde portion également acidifiée à laquelle on ajoute un sel de baryte, laisse déposer du sulfate de baryte, ce qui indique la présence de sulfates solubles.

12° On dose séparément les phosphates solubles en neutralisant la liqueur précédente par l'ammoniaque après séparation des sulfates. Il se précipite du phosphate de baryte.

On arrive ainsi à une analyse approximative de l'urine qui est souvent bien suffisante. Pour doser exactement les éléments de l'urine, il faut avoir recours aux procédés particuliers que j'indiquerai pour chacun d'eux.

DEUXIÈME PARTIE

Etude des produits contenus dans l'urine normale.

UREE.

L'urée est un corps très-important qui à lui seul forme la moitié des matériaux solides de l'urine. Son étude est des plus intéressantes, suivant qu'on l'envisage dans son rôle chimique ou physiologique. Pour être complète, elle exigerait un ouvrage entier. Je me bornerai à passer rapidement en revue ses propriétés principales.

L'urée a été découverte en 1772 par Rouelle le jeune. C'est un corps blanc, cristallisé en longs prismes à quatre pans, sa saveur est fraîche et rappelle celle du nitrate de potasse. Sa solubilité dans l'eau, l'alcool et l'éther augmente considérablement avec la température.

Elle a pour formule $C^2 H^4 Az^2 O^2$. C'est un isomère du cyanate d'ammoniaque. Elle se comporte le plus souvent comme une base, et donne naissance par son union avec les acides à des sels bien définis, analogues, quant à la formule, aux sels ammoniacaux. Cependant elle ne s'unit pas aux acides lactique, hippurique, carbonique, sulfhydrique, et est sans action sur les réactifs colorés.

Chauffée à 140° en présence de l'eau et dans un tube scellé, elle se transforme en carbonate d'ammoniaque.

$$C^2H^4Az^2O^2 + 4Ho = 2(AzH^3Co^2Ho)$$

Cette action ne se produit à la température ordinaire qu'avec une certaine lenteur si la solution est pure ; dans l'urine, au contraire on la voit apparaître en moins de deux jours, sous l'influence de la matière animale floconneuse qu'elle contient et qui agit à la manière d'un ferment.

L'urée fond à 120°, plus tard elle se décompose en donnant naissance à de l'ammoniaque, du carbonate d'ammoniaque et de l'acide cyanurique. Cet acide lui-même subit une transformation isomémique qui le change en un corps volatil que l'on reçoit dans un réfrigérant entouré de glace. C'est l'acide cyanique. L'acide hypo-azotique, transforme l'urée en acide carbonique et azote (Millon). Les hypo-chlorites, le chlore humide produisent la même réaction.

L'urée s'unit aux oxydes métalliques, l'oxyde de mercure, l'oxyde d'argent. Elle est précipitée par le nitrate de mercure. Trois combinaisons différentes peuvent prendre naissance suivant les circonstances dans lesquelles on agit.

Je ne m'occuperai pas de sa production artificielle par le procédé Liebig ni de la modification que M. Carey Lea y a apportée, je me bornerai à étudier son extraction de l'urine.

EXTRACTION DE L'URÉE.

MM. Cap et Henry croyaient que l'urée se trouve dans l'urine à l'état de lactate ; mais M. Liebig est venu démontrer que l'acide lactique ne se trouve dans l'urine qu'exceptionnellement, et qu'il n'est pas susceptible de s'unir à l'urée.

L'urée se trouve donc à l'état libre dans l'urine. Avant de procéder à l'extraction, il est important de séparer de l'urine le mucus, le pus, les cellules épithéliales par la filtration ; l'albumine par l'ébullition, et la bile par la précipitation, à l'aide de l'acétate de plomb. Il faut alors l'évaporer avec soin au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse, l'additionner des deux tiers de son poids d'acide azotique, qui détermine un précipité d'azotate d'urée. Il

importe que l'acide azotique, soit pur car, s'il contenait des vapeurs nitreuses, l'urée, comme je l'ai dit plus haut, serait détruite. Ce précipité est purifié par un traitement au noir animal et par des cristallisations successives dans l'eau bouillante.

La solution d'azotate d'urée est traitée par le carbonate de baryte, puis évaporée, on l'additionne d'alcool bouillant qui ne dissout que l'urée et l'abandonne par le refroidissement. On pourrait également traiter l'urine concentrée, par l'acide oxalique, puis décomposer l'oxalate d'urée par le carbonate de chaux.

Quelques mots maintenant sur la formation de l'urée.

ORIGINE PHYSIOLOGIQUE DE L'URÉE.

L'urée provient de deux sources :

La destruction continuelle des tissus de l'organisme et l'oxydation d'une partie des aliments azotés. Lehmann l'a démontré en expérimentant sur lui-même. Il se soumit pendant huit jours à une alimentation exclusivement azotée, c'est-à-dire composée de viandes, d'œufs. Son urine accusa 53 g. d'urée par jour.

Il changea le régime, ne se nourrit plus que de végétaux, de sucre : la quantité d'urée descendit à 15 gr. Il est évident que cette différence de 38 gr. provenait de l'alimentation, et que les 15 gr. obtenus en dernier lieu n'avaient d'autre source que la destruction des tissus.

Les tissus se transforment en une foule de substances telles que créatine, créatinine, sarcosine, glycocolle, acide urique. L'urée serait le terme ultime de cette série, et d'après M. Liebig le produit de l'oxydation de l'acide urique.

L'urée se forme dans le sang, et si ce liquide n'en renferme que de petites quantités, cela tient à la faculté éminemment éliminatrice de l'épithélium rénal. Si les fonctions des reins sont entravées par une cause quelconque, immédiatement l'urée s'accumule dans le sang et donne lieu à des accidents graves. L'urine normale

contient 22 gr. d'urée pour 1,000; l'homme adulte qui rend en moyenne 1,250 gr. d'urine par jour doit donc excréter 28 gr. d'urée. Cette proportion est très-variable; elle croît sous l'influence d'une augmentation dans l'émission de l'urine, d'une alimentation azotée, d'exercices musculaires. En la rapportant au poids de l'individu, elle est plus grande chez l'enfant que chez l'homme; elle diminue encore chez le vieillard. La femme en produit moins que l'homme. M. Becquerel a dosé avec soin l'urée dans les différentes maladies ; il résulte de ses expériences que, si je puis m'exprimer ainsi, la quantité diminue avec la vitalité de l'individu. Ainsi, l'urine des phthisiques au premier degré en contient bien plus que dans la dernière période; chez les chlorotiques la proportion d'urée est très-faible; dans le choléra, l'albuminurie l'urine présente une grande diminution dans le poids de l'urée; mais elle est due à une cause particulière Les fonctions urinaires sont profondément troublées, aussi l'urée s'accumule dans le sang, bientôt elle a recours aux différentes voies d'élimination, aussi la rencontre-t-on alors dans les liquides de l'œil, la salive, la sueur, etc. Cet état pathologique, ou urémie donne lieu aux mêmes accidents que l'empoisonnement par l'urée. On sait en effet que l'urée est toxique; à haute dose, elle détermine des convulsions, le tétanos et la mort, M. Gallois a pu tuer un lapin en lui administrant 20 gr. d'urée.

On le voit, le rôle physiologique de l'urée est très-important à connaître, mais à la condition de pouvoir établir un rapport entre l'état pathologique et la quantité de la sécrétion ; aussi est-il indispensable de pouvoir l'évaluer, je vais donc exposer les différents procédés de dosage de l'urée.

DOSAGE DE L'URÉE.

Procédé Liebig. — Ce procédé, très-simple et très-élégant en théorie, ne peut donner dans la pratique qu'un résultat approximatif, par suite des causes d'erreur qu'il comporte.

Il est basé sur le fait suivant.

L'urée contracte avec le bioxyde de mercure HgO une combinaison d'ou résulte un produit insoluble qui a pour formule U 4 HgO. Pour la pratique de l'analyse, deux solutions sont nécessaires.

1° *Solution barytique.* — Elle se prépare en mélangeant 1 partie solution saturée de nitrate de baryte et 2 parties de solution de baryte caustique.

2° *Solution titrée de nitrate acide de mercure.* — On fait dissoudre du mercure pur dans de l'acide azotique pur. Il faut s'assurer que le chlorure de sodium n'y forme aucun précipité, ce qui indiquerait dans le cas contraire la présence d'une petite quantité de sel mercureux ; il faudrait alors ajouter de l'acide azotique et chauffer légèrement. On évapore au bain-marie jusqu'en consistance sirupeuse; on ajoute un poids d'eau distillée égal à dix fois celui du mercure employé, plus quelques gouttes d'acide azotique pour éviter la formation de turbith nitreux. Il s'agit alors de déterminer le titre de cette solution, soit par l'hydrogène sulfuré ou la potasse, soit par une solution normale d'urée. Cela fait, on ajoute assez d'eau pour que un cent. cube de liqueur corresponde à 0, 0772, bioxyde de mercure et 0, 01 urée.

Pratique de l'opération. — Les phosphates et sulfates de l'urine pouvant précipiter le sel mercurique, on ajoute à 40 c. cubes de l'urine à essayer 20 cc. de la solution barytique. Il se forme un précipité de sulfate et phosphate de baryte que l'on sépare par le filtre.

Le liquide ainsi obtenu contient de la baryte qui servir à satu rer l'acide mis liberté lors de la décomposition du sel mercurique. On agit sur 15 c. cubes qui correspondent à 10 c. cubes de l'urine primitive.

On ajoute alors le réactif goutte à goutte à l'aide d'une burette graduée.

L'urine contient des chlorures, ceux-ci décomposent l'azotate et forment du bichlorure de mercure soluble, de telle sorte que les premières gouttes de solution peuvent ne produire aucun précipité; mais cette quantité est souvent minime, et dans ce cas on la néglige. On continue de verser tant que le précipité continue à se produire, mais le moment d'arrêt est difficile à observer.

On peut s'en rendre compte en plaçant à l'aide d'une baguette une goutte de ce liquide trouble sur un verre de montre et ajoutant un peu de carbonate de soude. S'il se produit un précipité jaune, c'est que la solution mercurique est en excès.

On recommence plusieurs fois l'opération, et lorsqu'on approche du degré indiqué précédemment, on essaie le liquide après chaque addition de réactif.

On lit alors sur la burette le nombre de cent. cubes, employés; ce nombre exprime en centigrammes le poids de l'urée contenue dans le liquide essayé et en grammes celui de l'urée contenue dans un litre de l'urine donnée.

Causes d'erreur. — 1° L'urine est un liquide trop concentré et trop riche en urée.

2° L'urine contient du chlorure de sodium. On peut corriger la première en agissant sur l'urine étendue d'eau, et la deuxième en retranchant 2 c. cubes du nombre trouvé.

Ce procédé est également applicable au cas d'une urine putréfiée.

L'allantoïne de même que l'urée se combine au bioxyde de mercure; mais elle ne se trouve pas dans l'urine humaine. On ne la rencontre que dans l'urine des chiens.

Procédé de Millon. — Ce procédé donne des résultats exacts, et de plus invariables, quelles que soient les proportions d'urine, d'urée ou de réactif (Golding Bird). Il est basé sur ce fait que le gaz nitreux décompose l'urée en volumes égaux d'azote et d'acide

carbonique avec production d'eau. La réaction est présentée par l'équation suivante $C^4 H^4 Az^2 O^2 + 2 Az O^3 = (C^2 O^4 + Az^2) + 4 Ho +$ Azote. On emploie pour cela l'azotate de mercure que l'on obtient en chauffant légèrement l'azotate de protoxyde de mercure jusqu'à ce qu'il soit devenu entièrement jaune ou mieux l'on prépare une solution avec 125 gr. mercure, 168 gr. acide azotique, et on l'étend de deux fois son volume d'eau.

Cette solution bien bouchée peut se conserver quelque temps.

Pratique de l'analyse. — L'appareil dont on se sert se compose d'un ballon à deux tubulures portant deux tubes, l'un effilé et fermé à la partie supérieure, l'autre communiquant avec un tube en U, contenant de la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique. A à la suite vient un appareil à boules de Liebig, renfermant une solution de potasse caustique. Cet appareil sera soigneusement pesé avant l'opération.

On verse dans le ballon 20 c. cubes d'urine et 50 de réactif, on chauffe légèrement jusqu'à ce qu'il se produise des vapeurs rutilantes; à ce moment, toute l'urée est décomposée. Un tube d'aspiration est adapté à l'appareil de Liebig; la pointe du tube effilé est cassée et livre passage à l'air qui remplace l'acide carbonique que l'aspiration a fait rendre dans la potasse.

On pèse le tube de Liebig; l'augmentation qu'il a subie donne le poids de l'acide carbonique produit. Ce poids multiplié par 1.3636 donne celui de l'urée.

Procédé Lecomte. — Ce procédé repose sur l'action oxydante qu'exercent les hypochlorites alcalins sur l'urée.

L'hypochlorite de soude est le plus généralement employé.

La réaction qu'il produit peut s'exprimer par l'équation suivante $(C^3 H^4 Az^2 O^2 + 3 NaO, ClO = 3 NaCl + 2 (Co^2) + 2 Az + 4 HO)$.

L'urine est traitée à chaud par le sous-acétate de plomb, puis filtrée. Les matières colorantes sont ainsi séparées.

L'urine décolorée est reportée à l'ébullition. On y ajoute du carbonate de soude, qui précipite l'excès de plomb : puis de la potasse qui retiendra l'acide carbonique pour former du sesqui-carbonate de potasse et par sa présence ralentira la réaction.

L'urine ainsi purifiée correspondant à 20 gr. d'urine primitive, est versée dans un ballon avec un excès d'hypochlorite. L'azote se dégage et est reçu sur de l'eau légèrement alcaline, afin d'absorber les traces d'acide carbonique qui auraient pu être entraînées. De la mesure du gaz on déduit le poids de l'urée. La théorie indique pour 0,100 d'urée 37 cent. cubes d'azote : mais M. Lecomte n'en a constamment trouvé que 34. C'est sur ce nombre que l'on base le calcul de l'urée.

Chose remarquable, l'urée de l'urine est plus rapidement décomposée que celle d'une solution aqueuse. Cela tient à la présence dans l'urine de matières organiques peu stables.

Procédé Davy. — Davy emploie un procédé analogue. Dans un tube gradué contenant de l'urine, du mercure, il ajoute de l'hypochlorite de soude. Après l'avoir agité, il le retourne sur une solution saline saturée, très-dense. Du volume occupé par le gaz il déduit le poids de l'urée.

Procédé Heintz. — Ce procédé, d'une exécution difficile et par suite peu employé, est fondé sur la propriété que possède l'urée, en présence de l'acide sulfurique, de se décomposer en acide carbonique et ammoniaque :

$$C^2H^4Az^2O^2 + 2Ho = 2Co^2 + 2AzH^3$$

8 gr. d'urine sont additionnés de quelques gouttes d'acide chlorhydrique : Après vingt-quatre heures de repos les acides urique et hippurique se sont précipités. On filtre. On verse cette urine dans un creuset de platine avec 6 gr. acide sulfurique. Ce creuset est

recouvert d'un verre de montre pour éviter les projections : on chauffe lentement jusqu'à 180° et tant qu'il ne se dégage plus de gaz. Le résidu se compose de sulfates de potasse, soude, ammoniaque etc., l'ammoniaque de ce dernier existant normalement dans l'urine ou provenant de l'urée. On ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique, puis de l'alcool éthéré. L'addition de chlorure de platine y détermine un précipité de chloro-platinate de potasse et d'ammoniaque. Par la calcination, on obtient un culot de platine correspondant à la potasse et l'ammoniaque provenant des deux sources que nous avons indiquées.

En second lieu, on traite l'urine ordinaire par le chlorure de platine et l'alcool éthéré. Le précipité recueilli après huit heures de contact, calciné et lavé à l'acide chlorhydrique, donne du platine métallique. La différence en poids qui existe entre les deux culots de métal donne le poids du platine correspondant à l'ammoniaque de l'urée.

L'urée, en se décomposant, produit deux équivalents d'ammoniaque qui se combinent à deux équivalents de chlorure de platine. Il est facile dès lors, par une simple proportion, de déduire le poids de l'urée puisque 2 Pt correspondent à 1 urée.

Procédé Lecanu. — M. Lecanu a proposé de concentrer l'urine, de la traiter par l'alcool qui dissout l'urée et précipite les urates, l'acide urique et sels minéraux, puis de convertir l'urée en azotate et de la doser à cet état. Ce procédé ne donne que des résultats approximatifs, aussi n'est-il pas employé.

ACIDE URIQUE ($C^{10}H^4O^6Az^4$).

L'acide urique a été découvert en 1776 par Scheele, qui le nomma acide lithique (de λιτος, pierre), parce qu'il le croyait la base des calculs urinaires. Plus tard, il le trouva dans l'urine normale, et depuis, ce corps a été l'objet de nombreuses recherches, de lon-

gues études. C'est qu'en effet il est l'un des principes constituants essentiels de l'urine. Les variations en poids qu'éprouve sa sécrétion sont intimement liées à des indications pathologiques importantes qu'il est utile de connaître.

A l'état de pureté, il est blanc, inodore, insipide, soluble dans 1,500 parties d'eau, insoluble dans l'alcool, l'éther; ses formes cristallines, quoique très-variées, sont toutes rhomboïdales. Il rougit légèrement la teinture de tournesol et est considéré comme le plus faible des acides. Il se dissout dans une solution bouillante de borate de soude et se dépose à l'état de pureté par le refroidissement.

L'acide sulfurique concentré forme avec lui une combinaison définie qui, par l'addition de l'eau, se décompose en ses deux éléments. L'acide azotique le dissout, et si l'on soumet après évaporation à l'action de l'ammoniaque le produit obtenu, c'est-à-dire l'alloxane, on voit se développer une coloration violette, intense. C'est la murexide ou purpurate d'ammoniaque. Cette réaction est caractéristique de l'acide urique. La chaleur le décompose : les corps qui en résultent sont l'ammoniaque, l'acide carbonique, l'acide cyanhydrique, l'urée, l'acide cyanique. L'oxyde puce de plomb le transforme en allantoïne, produit intermédiaire entre l'acide urique et l'urée. L'oxydation est souvent assez avancée pour donner naissance à de l'urée. L'allantoïne s'unit aux acides chlorhydrique et azotique. Les produits obtenus sont des sels d'urée; l'acide urique peut donc, par oxydation, se transformer en urée.

A quel état se trouve l'acide urique dans l'urine?

Je n'entrerai pas ici dans les nombreuses discussions qui se sont engagées à ce sujet; je me bornerai à citer l'opinion de MM. Robin et Verdeil.

D'après ces expérimentateurs, l'acide urique se trouve rarement dans l'urine à l'état libre; il est presque toujours uni à l'ammoniaque, la soude, la potasse, la chaux, la magnésie; mais, comme

je le disais plus haut, sa capacité de saturation est tellement faible, qu'une minime quantité d'acide suffit pour le précipiter de ces combinaisons.

Le sang ne le renferme qu'à l'état de sel; les reins le séparent des alcalis auxquels il est uni et le font passer à l'état de liberté dans l'urine où il se dissout dans les carbonates et phosphates alcalins qu'elle contient. Nous verrons plus loin les conséquences de ces faits.

L'acide urique constitue à l'état d'urate de soude la presque totalité de l'urine des serpents et entre pour une forte proportion dans la composition de celle des oiseaux.

L'urine normale renferme en moyenne 0 gr. 4 à 0 gr. 5 d'acide urique pour 1,000. Les quantités extrêmes observées par M. Lecanu sont 0 gr. 089 et 1 gr. 575.

A la suite d'expériences nombreuses, M. Becquerel est arrivé aux résultats suivants :

	Quantité d'urine.	Densité.	Acide urique.
Hommes...........	1267.3	1018.900	0.495
Femmes...........	1371.7	1015.120	0.557
Moyenne générale...	1319.5	1017.017	0.526

M. Becquerel conclut que la moyenne physiologique oscille entre 0 gr. 4 et 0 gr. 5 pour 1,000 d'urine, et entre 0 gr. 4 et 0 gr. 6 pour la quantité sécrétée en 24 heures.

On sait que la femme produit plus d'acide urique que l'homme.

L'acide urique ne se trouve dans aucune autre secrétion que celle de l'appareil urinaire. Ce n'est que lorsque les reins ne fonctionnent plus qu'il a recours aux autres voies d'élimination. On le rencontre dans les vomissements à la suite d'une rétention d'urine.

Il se dépose sous forme d'un sédiment rouge-brun qui s'attache fortement aux vases; sa quantité augmente sous l'influence d'ex-

cès alcooliques, de fièvre; elle devient assez considérable chez les rhumatisants et les goutteux pour former du sable et parfois même des calculs.

L'étude de la sécrétion urique dans ses rapports avec les différentes maladies est très-intéressante; M. Becquerel l'a développée avec un soin extrême dans sa Séméiotique des urines, aussi me permettrai-je de lui faire quelques emprunts; mais, avant d'aborder ce sujet, je m'arrêterai un instant sur l'origine physiologique de l'acide urique.

L'acide urique doit son existence aux mêmes causes que l'urée; il est produit comme elle par la destruction des tissus et la digestion des aliments azotés. M. Liebig, en s'appuyant sur ce fait de la transformation de l'acide urique en urée sous l'influence de l'oxyde de plomb, admet qu'il ne constitue qu'un produit transitoire. Le sang artériel, en traversant l'organisme, provoque la combustion des tissus et la formation de l'acide urique; mais, si la quantité d'oxygène qu'il charrie est plus considérable, l'acide urique se convertit presque entièrement en urée et en acide carbonique. Il est certain que l'oxygène agit continuellement sur nos tissus, les brûle et développe ainsi la chaleur que nous possédons. Nous devrions redouter une oxydation mortelle sans la diversion qu'opèrent constamment la digestion des aliments azotés en réparant les tissus, et celle des féculents en employant une grande partie de l'oxygène absorbé. Mais quelle preuve a-t-on de la transformation de l'acide urique en urée au sein de l'organisme? L'expérience est en complet désaccord avec la théorie. Dans toute inflammation, dans la fièvre, à la suite d'exercices violents, la respiration étant plus active, augmente la quantité d'oxygène mise normalement en présence du sang : dès lors la proportion de produits oxydés devrait être plus considérable. Il n'en est rien. Bien plus, l'analyse de l'urine conduit à un résultat diamétralement opposé : il y a diminution d'urée et augmentation d'acide urique. La théorie de Liebig n'est donc pas admissible.

Le chimiste qui trouverait les relations qui existent entre la formation de l'urée, celle de l'acide urique et la combustion physiologique comblerait un des nombreux *desiderata* de la science.

Dans l'état pathologique, la secrétion urique subit d'importantes variations.

Il y a diminution dans la chlorose, l'anémie, l'adynamie causée par les évacuations sanguines, les suites de eouehes, ete. Les urines sont alors peu colorées, peu denses, et ne déposent ni spontanément, ni par l'addition de l'acide azotique.

L'augmentation se produit dans une foule de eireonstanees ; elle peut être absolue ou relative. L'urine possède alors les caraetères suivants :

Elle est fortement acide, très-colorée, sa densité est augmentée, à moins que le malade ne soit dans un grand état d'épuisement.

Quatre cas peuvent se présenter :

1° L'urine reste transparente.

2° Il se fait un dépôt par addition d'une petite quantité d'aeide azotique.

3° Le dépôt se produit spontanément.

4° L'acide urique s'agglutine pour former de petits corps granuleux désignés sous le nom de gravelle ou de calculs de dimensions variables.

Premier cas.— L'urine reste transparente. Ces urines sont denses, acides, très-colorées, déposent sous l'influence du froid, ce qui explique pourquoi elles sont plus fréquemment sédimenteuses l'hiver que l'été.

Elles sont produites à la suite d'un long repos ou d'excès alcooliques.

Deuxième cas. — Ces urines ne diffèrent des précédentes que par la formation d'un précipité en présence de l'aeide azotique. L'acide urique se dépose lentement et se redissout si le réactif est en

excès. On le distinguera de l'albumine coagulée par sa solubilité sous l'influence de la chaleur et surtout ses caractères microscopiques.

(Pour plus de détails voir l'étude de l'albumine.)

Troisième cas. — Le caractère essentiel de cette classe d'urine est le sédiment. Certaines urines laissent précipiter l'acide urique immédiatement après le refroidissement, d'autres ne laissent former le dépôt que quelques heures plus tard. Il est pulvérulent, opaque, uniforme si l'urine n'est pas visqueuse. Lorsqu'elle renferme beaucoup de mucus, le précipité se rassemble difficilement et le liquide reste trouble. Parfois l'acide surnage le mucus, c'est que le dépôt ne s'est fait que longtemps après l'émission. La couleur des sédiments est très-variable, ils sont gris, noirs, ou rouge-sang. Ces différences tiennent aux proportions de matière colorante combinée à l'acide urique. Ils se redissolvent à 40° ou en présence d'un excès d'acide azotique.

Leur présence dans l'urine se manifeste après les accès d'hystérie, les émotions violentes, la colère, la fièvre, la dyspnée, et dans les affections du cœur et du foie.

Quatrième cas. — Nous avons vu que l'acide urique se sépare du sang à l'état de liberté et se dissout dans l'urine à la faveur des alcalis qu'elle contient. Si sa proportion est anormale il se précipite et forme ces dépôts que nous venons d'étudier sous le nom de sédiments. Mais cette séparation ne s'opère pas toujours après l'émission de l'urine : elle la précède parfois et s'effectue au sein même de l'appareil urinaire, dans les reins, dans la vessie.

Le dépôt, n'étant pas hâté par le refroidissement, se fait avec régularité : il n'est plus constitué par une substance pulvérulente mais par de petits grains très-durs dont le volume est très-variable, si leur grosseur ne dépasse pas celle d'une tête d'épingle, ils prennent le nom de sable ou gravelle. Ces grains peuvent contrac-

ter entre eux de l'adhérence, se revêtir de plusieurs couches concentriques et fournir alors des concrétions. Si leurs dimensions permettent le passage dans le canal de l'urèthre, on les nomme graviers. Dans le cas contraire ce sont des calculs. Les calculs ont le plus souvent une autre origine. L'acide urique l'oxalate et le phosphate de chaux, la cystine, etc., se déposent en couches alternantes autour d'un noyau formé par un corps étranger. Ce sont des poils, un fragment d'os, une épingle, un caillot de sang, du mucus, etc. Ils peuvent atteindre des dimensions considérables : l'un d'eux pesait près de 4 kilogr. Leur nombre est très-variable : ils sont rarement seuls : quand il y en a plusieurs ils présentent des facettes qui sont un moyen précieux de diagnostic. Leur forme est généralement ovoïde : leur couleur est terne, rouge briqueté ou jaune doré : leur consistance varie depuis la mollesse jusqu'à la dureté du marbre.

Les sables, graviers, calculs, sont constitués surtout par de l'acide urique pur ; il est rare qu'ils n'en renferment pas. Quatre fois sur cinq, la gravelle est urique.

Les urates de soude, de magnésie et d'ammoniaque s'y rencontrent quelquefois. On recherche l'alcali par les procédés connus. L'acide urique est précipité à l'aide de l'acide azotique, puis caractérisé par ses réactions chimiques ou l'examen microscopique de ses cristaux. Les urates sont plus solubles que l'acide urique, ce qui permet de les distinguer facilement.

Je ne m'arrêterai pas plus longtemps sur cette question si vaste des sédiments et des calculs. Je terminerai l'étude de l'acide urique par celle de son dosage dans les urines.

Dosage de l'acide urique.

L'urine est pesée avec soin, puis évaporée au bain-marie en consistance sirupeuse. L'addition d'alcool précipite les sels inorganiques, les urates, l'acide urique en un magma que l'on sépare à l'aide du filtre.

On le traite par l'acide chlorhydrique, les phosphates sont dissous; l'acide urique reste en suspension, il est recueilli sur un filtre, séché, puis pesé. La petite quantité de matière organique qu'il retient compense par son poids ce que l'on a perdu dans ces opérations.

Le dosage par la précipitation directe à l'aide d'un acide est plus prompt, mais le résultat est trop faible; cela tient à ce que l'acide urique n'est pas complétement insoluble. Je citerai le procédé Becquerel fondé sur la séparation de l'urine en deux couches sous l'influence de la congélation. La couche inférieure, très-dense, très-colorée, contient tout l'acide urique que l'on évalue ainsi *de visu*. Ce procédé est trop approximatif pour que nous nous y arrêtions.

PHOSPHATES.

Les phosphates constituent une classe de sels très-importants et très-répandus dans l'organisme. Ils existent dans tous les tissus, principalement le tissu osseux. Ils proviennent de leur ingestion avec les aliments et surtout de la désagrégation et de la digestion des aliments albuminoïdes. Le phosphore qu'ils renferment, soumis à l'oxydation physiologique, se transforme en acide phosphorique qui s'unit aux alcalis. Beale admet qu'il se produit une grande quantité d'acide phosphorique dans le système nerveux; son opinion est parfaitement d'accord avec les conclusions d'un travail que vient de publier M. Byasson, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi.

S'étant soumis pendant neuf jours à un régime uniforme, et analysant ses urines avec le plus grand soin, il reconnut que l'exercice de l'activité cérébrale s'accompagne d'une production plus abondante de phosphates. Mais ces sels ainsi formés au sein de l'économie ne sont pas entièrement absorbés par les fonctions d'assimilation; la plus grande partie est éliminée, surtout par les

voies urinaires. Les phosphates que contient l'urine se divisent en deux classes bien caractérisées par les différences que présentent leurs propriétés chimiques et physiques.

On distingue :

1° Les phosphates alcalins solubles dans l'eau, non précipitables par l'ammoniaque, très-abondants dans l'urine qui précède les repas.

2° Les phosphates terreux, insolubles, mais tenus en dissolution par les acides minéraux ou organiques et les matières albuminoïdes. Ils sont précipités par l'ammoniaque : leur excrétion est au maximum après les repas.

J'étudierai rapidement chacun d'eux.

PHOSPHATES ALCALINS.

Ils existent dans l'urine en proportion plus considérable que les phosphates terreux. Leur quantité varie de 7 gr. 20 à 9 gr. 60 pour 1,000, correspondant à 3 gr. ou 4 gr. 80 d'acide phosphorique, tandis que, pour les derniers, elle descend à 1 gr. 5 et même 1 gr.

Phosphate neutre de soude ($2NaO, HO, PhO^5 + 26aq.$).

C'est le phosphate normal de l'urine : en présence de l'acide urique, il se décompose et donne naissance à du phosphate acide de soude qui communique à l'urine sa réaction acide. S'il y a excès d'alcali, il se forme du phosphate basique, mais ce cas se présente rarement.

Le phosphate neutre cristallise en tables dérivées du prisme rectangulaire, avec des troncatures sur leurs bords. Pour l'extraire de l'urine, on l'évapore jusqu'en consistance sirupeuse; puis, séparant le dépôt, on traite le liquide surnageant par l'alcool absolu. Le phosphate neutre se dépose lentement sur les parois du vase.

Phosphate acide de soude ($NaO\ 2HO\ PhO^5 + 12\ aq.$)

Nous venons de voir sa formation.

Pour l'obtenir de l'urine, on se sert de la liqueur précédente : le phosphate acide étant très-soluble ne se dépose qu'au bout de quelques jours. Sa cristallisation peut être hâtée par l'addition d'éther. Il se présente en prismes qui diffèrent de ceux du phosphate neutre, par la disposition de leurs troncatures.

Le phosphate ammoniaco-sodique n'existe pas dans l'urine récente ; il se produit lors de la fermentation et cristallise en prismes à quatre pans.

PHOSPHATES TERREUX.

Phosphate de chaux ($3\ CaO\ PhO^5$). — Il se trouve en dissolution dans l'urine à la faveur des phosphates acides, des acides carbonique et urique et des matières organiques. Il est soluble dans l'albumine. C'est à l'aide de ce véhicule qu'il est absorbé par l'embryon du poulet et concourt à la formation de son système osseux rudimentaire. Il se dissout dans les acides concentrés sans effervescence, mais il est précipité à l'état amorphe lorsqu'on ajoute de l'ammoniaque. L'alcalinité de l'urine produit le même effet : il se dépose alors lentement, sous forme de masses sphériques ou angulaires, de petits sabliers ; parfois on le rencontre cristallisé. Il entre dans la formation de sédiments et de graviers, que l'on distingue par leur solubilité dans les acides.

Le phosphate acide de chaux se rencontre souvent dans l'urine. Il est dû à l'action d'un acide organique sur le phosphate basique. Il cristallise en hémi-octaèdres allongés dérivant du prisme droit à base rectangulaire.

Phosphates magnésien et ammoniaco-magnésien.

Le phosphate de magnésie est rarement observé dans l'urine ; on le trouve comme principe constituant de certains calculs. Il se combine à l'ammoniaque et donne naissance au phosphate ammoniaco-magnésien. Ce sel est rencontré lorsque l'urine devient alcaline, il se précipite et forme des dépôts ayant l'aspect des dépôts purulents. On les distingue à l'aide du microscope. Le triple phosphate se présente sous forme de prismes triangulaires ou d'étoiles à six rayons. Chacun des cristaux subit des décroissements sur les angles ou sur les arêtes, aussi leur aspect est des plus variés. Ils sont très-peu solubles dans l'urine, mais tout à fait insolubles dans l'ammoniaque et les sels ammoniacaux. Traités par la chaux, ils dégagent une odeur ammoniacale.

CALCULS PHOSPHATIQUES.

Après l'étude rapide que nous avons faite des phosphates de l'urine, il est facile de déterminer à l'avance les circonstances dans lesquelles se développent les calculs phosphatiques et les éléments chimiques qui les constitueront. Si dans la vessie l'urine est alcaline sans fermentation, le phosphate de chaux se déposera sous forme de gravelle blanche. Cet effet se produit surtout chez les viellards, il est souvent dû à la cause suivante : Lorsqu'à chaque miction le contenu de la vessie n'est pas totalement expulsé par suite de retrécissement de l'urèthre ou d'autre cause, l'urine qui reste est alcaline, parfois sans décomposition : donc dans ce cas graviers blancs constitués par du phosphate de chaux.

Si l'alcalinité de l'urine est due à un commencement de fermentation, ce qui se remarque fréquemment dans les circonstances précisées plus haut : alors le triple phosphate prend naissance et se dépose simultanément avec le phosphate de chaux.

Enfin, le phosphate de magnésie se rencontre parfois dans les calculs : les conditions dans lesquelles il se précipite sont trop peu connues pour que je m'y arrête.

Les calculs phosphatiques sont rarement purs; le plus souvent ils sont formés des phosphates indiqués plus haut, d'urates d'ammoniaque et de magnésie et d'oxalate de chaux : ils présentent une teinte blanchâtre; sont solubles dans des acides concentrés, ce qui les différencie des calculs uriques. Ils sont moins fréquents que ces derniers.

Certains individus ont une disposition à l'alcalinité de l'urine et par suite à la gravelle blanche; on a désigné cet état général sous le nom de *diathèse phosphatique :* expression impropre qui semblerait indiquer une excrétion exagérée des phosphates, tandis qu'il n'en est rien.

DOSAGE DES PHOSPHATES.

On évapore l'urine à siccité, et l'on calcine le résidu dans un creuset de platine. Les matières organiques sont décomposées et il ne reste plus que des substances minérales qui constituent la cendre. L'acide azotique les dissout en partie et notamment les phosphates : cette solution étendue d'eau distillée contient tout l'acide phosphorique de l'urine que l'on évalue de la manière suivante :

1° Si dans cette liqueur on ajoute une dissolution d'azotate de bismuth suffisamment étendue et acidifiée pour ne pas être troublée par l'eau, il se forme immédiatement un précipité blanc très-dense qui est du phosphate de bismuth. Sa formule $Bi^2O^3PhO^5$ étant connue on en déduit la quantité d'acide phosphorique qu'il renferme.

La liqueur doit être préalablement privée des chlorures et des sulfates par l'addition d'azotate d'argent et d'azotate de baryte ;

2° Le perchlorure de fer décompose les phosphates et donne nais-

sance à du phosphate de fer que dissout le chlore mis en liberté. Mais, si l'on ajoute de l'acétate de soude, le chlore sature la soude et l'acide acétique laisse précipiter le phosphate de fer. On le recueille, on le pèse. L'urine est directement traitée par le réactif.

3° Le résidu de la calcination de l'urine contient des phosphates terreux et alcalins : ces derniers sont solubles : l'eau se charge en outre des sulfates, chlorures, etc. Cette solution acidifiée et traitée par le chlorure de baryum laisse précipiter les sulfates que l'on sépare à l'aide du filtre. Par l'addition d'ammoniaque jusqu'à neutralisation complète, puis d'une nouvelle quantité de sel barytique on détermine la formation de phosphate de baryte insoluble, ce qui permet d'évaluer les phosphates alcalins.

Quant aux phosphates terreux on les dose par les méthodes indiquées plus haut.

4° Je dirai quelques mots d'un procédé très-sensible dû à Neubauer : il est basé sur la précipitation des phosphates par l'azotate d'urane. Le phosphate d'urane est dense, d'une couleur jaunâtre : il prend naissance dans une liqueur neutre ou légèrement acidifiée par l'acide acétique.

L'azotate d'urane forme avec les cyano-ferrures alcalins des sels doubles dont la teinte est brune-rougeâtre. S'appuyant sur ces données, M. Lecomte a imaginé un procédé volumétrique très-ingénieux; mais les chiffres qu'il avançait étaient inexacts. M. Byasson, pharmacien en chef de l'hôpital du Midi, a dans ces derniers temps complété ce travail et fait les corrections nécessaires.

Je ne m'arrêterai pas plus longtemps sur le dosage des phosphates contenus dans l'urine : les procédés que l'on emploie diffèrent peu des procédés ordinaires qui sont décrits dans tous les traités d'analyse.

OXALATE DE CHAUX.

Fourcroy, le premier, trouva l'oxalate de chaux dans les sédiments urinaires; Wollaston démontra plus tard qu'il constituait essentiellement certains calculs : jusque-là, on le considérait comme un produit pathologique, lorsque Walshe, et après lui Lehmann, signalèrent sa présence dans l'urine normale, comme plus fréquente chez la femme que chez l'homme.

On le rencontre chez les individus qui boivent peu, mangent beaucoup et ne prennent aucun exercice : les vins mousseux, la bière, les acides végétaux, augmentent sa production qui devient considérable dans le rhumatisme, la goutte, le choléra, l'épilepsie, etc... Il se dépose avec le mucus en cristaux si petits qu'il faut employer un grossissement de 500 diamètres pour bien les distinguer.

Les cristaux d'oxalate de chaux sont de deux sortes : ils affectent la forme octaédrique lorsque leur précipitation est consécutive à l'émission de l'urine. On les voit grandir peu à peu par le dépôt successif de nouvelles couches.

Les cristaux dits en sablier se produisent dans les reins, au milieu de tubes urinifères qui les accompagnent toujours. Ile tombent dans la vessie et servent fréquemment de noyau aux calculs uriques.

L'excrétion abondante d'oxalate de chaux est d'après Golding Bird l'indication d'un état pathologique qu'il a désigné sous le nom d'*oxalurie*. Ce même auteur admet une diathèse oxalique.

Mais il résulte d'expériences nombreuses que l'oxalate de chaux est surtout produit par la décomposition des urates et que son excrétion est presque toujours liée à celle de l'acide urique; ce qui le prouve, c'est qu'on le rencontre en quantité considérable dans l'urine des malades chez lesquels la sécrétion urique est exagérée.

M. Woehler et Frerichs ayant injecté de l'acide urique dans les

veines d'un chien, ont trouvé dans ses urines de l'oxalate de chaux.

On reconnaît à l'oxalate de chaux un second mode de formation. L'acide oxalique résulte de l'oxydation des matières organiques; il est naturel d'admettre qu'il est l'un des produits fournis par la combustion physiologique. Cela permet d'expliquer sa présence dans l'urine des personnes bien portantes chez lesquelles la sécrétion urique est normale.

Les calculs d'oxalate de chaux sont les plus durs que l'on connaisse, ils présentent une surface tuberculeuse, tourmentée comme celle des mûres. C'est pourquoi on les appelle souvent *calculs mûraux*. Leur couleur est terne, brunâtre : leur texture, cristalline. Ils sont rarement purs, ils renferment toujours de petites quantités d'acide urique, d'urates, de phosphates. Après les calculs uriques ce sont les plus fréquents. On les reconnaît en les chauffant au rouge : l'acide oxalique est détruit et le carbonate de chaux qui reste fait effervescence avec les acides.

Si l'on poussait plus loin la calcination, le carbonate de chaux lui-même se décomposerait, la chaux serait caractérisée par ses réactifs. Ces opérations suffisent pour distinguer les calculs d'oxalate de chaux de la gravelle urique.

ACIDE HIPPURIQUE ($C^{18}H^{8}AzO^{5},HO$).

L'acide hippurique a été découvert dans l'urine des herbivores par Liebig, qui depuis a constaté sa présence dans l'urine normale et surtout dans celle des enfants.

C'est un corps blanc, soluble dans 500 parties d'eau, très-soluble dans l'alcool, et cristallisant en prismes droits rhomboïdaux terminés par des sommets dièdres.

Envisagé au point de vue de sa composition chimique, c'est un acide qui dérive de l'acide benzoïque et de la glycolammine, il

se dédouble en ces deux éléments en présence des acides énergiques.

Le chaleur le détruit et donne naissance à une matière résineuse rouge, du charbon de l'acide cyanhydrique et de l'acide benzoïque.

L'urine des herbivores contient un ferment particulier sous l'influence duquel l'acide hippurique se décompose et produit une abondante cristallisation d'acide benzoïque.

Distillé avec de la chaux sodée, il donne de la benzine.

L'urine renferme de petites quantités d'acide hippurique à l'état de sels solubles dans l'eau; il se trouve rarement à l'état de liberté.

Lehmann l'a rencontré dans l'urine d'un fiévreux, Bouchardat dans celle d'une femme ne se nourrissant que de lait, Golding Bird chez un ivrogne, enfin MM. Robin et Verdeil chez une personne bien portante mais soumise à une alimentation très-azotée.

La proportion d'acide hippurique augmente après l'ingestion d'aliments herbacés. Si l'on prend de l'acide benzoïque, il se retrouve dans l'urine à l'état d'acide hippurique : en même temps la quantité d'urée diminue. Serait-ce cette substance qui fournirait les matériaux nécessaires à la reconstitution de l'amide?

Pour rechercher l'acide hippurique, il faut évaporer l'urine jusqu'à un petit volume, puis la traiter par l'acide chlorhydrique.

Le acides urique et hippurique se déposent : on enlève ce dernier par l'alcool bouillant qui, en se refroidissant, l'abandonne sous forme de cristaux caractéristiques.

Ce sont tantôt des aiguilles longues, déliées, à quatre pans ; tantôt des touffes de cristaux aciculaires, toujours colorés par de l'uro-érythrine.

L'origine de l'acide hippurique est peu connue, on croit qu'il provient de la digestion des aliments végétaux et de la décomposition du glycocolle qui se forme dans le foie. Son histoire au point de vue pathologique est très-incomplète : M. Bouchardat a

observé plusieurs cas d'exagération de la sécrétion hippurique. L'état particulier dont elle était le symptôme a reçu de lui le nom d'hippurie.

L'acide hippurique est un produit commercial d'une certaine importance. On l'extrait de l'urine des herbivores en le précipitant par l'acide chlorhydrique. Pour le purifier il faut le dissoudre dans la potasse et le précipiter de nouveau. On recommence plusieurs fois ce traitement.

ACIDE BENZOÏQUE.

L'acide benzoïque se rencontre rarement dans l'urine normale, il est produit par la décomposition de l'acide hippurique, avec lequel on l'a souvent confondu.

L'urine des herbivores en renferme beaucoup, lorsque la fermentation l'a rendue alcaline.

ACIDE LACTIQUE.

Sa présence dans l'urine normale n'est pas suffisamment démontrée. Liebig l'a niée; Lehmann, au contraire, l'affirme.

On admet généralement que l'acide lactique n'existe pas dans l'urine immédiatement après l'émission : mais qu'il se forme ultérieurement par la fermentation du sucre qu'elle contient.

Il est uni à la soude, la potasse et la chaux.

Créatine $C^8H^9O^4Az^3$. — Créatinine $C^8H^7O^2Az^3$.

La créatine a été découverte par Chevreuil dans l'extrait alcoolique de viande. Elle ne se trouve que dans les muscles, le cœur est celui qui en contient le plus. C'est une substance incolore, inodore, d'une saveur piquante, très-soluble dans l'eau chaude, peu dans l'alcool, et cristallisant en rhomboëdres et prismes droits rec-

tangulaires. A l'ébullition, l'eau de baryte la convertit en urée et sarcosine. Les acides concentrés lui enlèvent deux équivalents d'eau pour la transformer en créatinine.

La créatinine diffère de la créatine par sa solubilité dans l'alcool chaud, sa réaction alcaline et sa propriété d'entrer en combinaison avec certains acides, pour former des sels définis. Elle cristallise en prismes moins volumineux que ceux de la créatine.

Pour extraire ces substances de l'urine, il faut précipiter la plupart des sels par l'eau de chaux et le chlorure de calcium, et ajouter au liquide filtré le vingt-quatrième de son poids d'une solution sirupeuse de chlorure de zinc. Au bout de plusieurs jours, de petits grains ronds apparaissent; ils constituent une combinaison de chlorure de zinc avec la créatine et la créatinine. Ces grains sont dissous dans l'eau chaude, puis traités par l'oxyde de plomb, qui détermine un précipité d'oxyde de zinc et de chlorure de plomb.

Le liquide filtré est évaporé à siccité : le résidu n'est formé que des deux substances cherchées. On les sépare à l'aide de l'alcool bouillant qui dissout la créatinine, puis de l'eau chaude qui enlève la créatine. La purification s'opère par cristallisations successives.

La créatine constitue l'un des produits les plus importants de la destruction du tissu musculaire. Elle est presque entièrement éliminée par les reins. L'urine en renferme en moyenne 2 gr. 80 par jour.

La créatinine n'est qu'un produit de transformation de la créatine dont elle dérive par élimination d'eau. Cette déshydratation commence dans les reins et se continue dans l'urine émise, où elle devient complète au bout de deux jours. A ce moment, l'urine ne contient plus de créatine, mais à sa place de la créatinine.

SULFATES.

L'urine normale renferme parties égales de sulfates de soude et de potasse, dans la proportion de 3 à 7 pour 1,000. Le sang n'en eontient que 0,20 pour 1,000; on n'en trouve jamais dans la bile, le sue gastrique. Ils sont impropres à la nutrition, aussi sont-ils éliminés par les voies urinaires. Ils proviennent du soufre eontenu dans les aliments albuminoïdes : leur exerétion augmente après l'ingestion du soufre, de l'aeide sulfurique, des sulfates.

Pour les doser, il suffit de porter l'urine à l'ébullition, de précipiter par un sel de baryte et d'aeidifier la liqueur.

Le sulfate de baryte est séparé à l'aide du filtre, séché, puis pesé : on déduit immédiatement la proportion d'aeide sulfurique uni à la soude et à la potasse.

L'addition d'aeide empêche la précipitation du phosphate de baryte. Si dans la liqueur privée de sulfates, on ajoute de l'ammoniaque pour saturer l'exeès d'aeide, on détermine la formation du phosphate de baryte, qui peut servir à évaluer l'aeide phosphorique.

CARBONATES.

Les earbonates ne sont pas rangés parmi les prineipes eonstituants de l'urine; on les reneontre surtout à base de soude, après l'ingestion de fruits acides; ear on sait que les malates, tartrates, ete., qu'ils renferment se eonvertissent en earbonates, dans leur passage à travers l'organisme.

Pour reeonnaître un earbonate, il faut en évaporer l'urine à siecité et traiter par un aeide qui produit une vive efferveseenee. Si l'on fait rendre les gaz dans une solution d'un sel de ehaux ou de baryte, il se forme un préeipité dont le poids permet de déterminer la proportion d'acide earboniqu .

CHLORURES.

Quoique le chorure de sodium n'éprouve dans l'organisme aucune transformation, il n'en est pas moins indispensable. Si le sang en était dépourvu, il perdrait ses propriétés vivifiantes. Car les globules se gonfleraient par des phénomènes d'osmose et cesseraient de vivre. Le sel marin se rencontre dans tous nos tissus et surtout dans les parties où l'activité physiologique est la plus grande. Toutes les sécrétions, celle des urines principalement, le renferment en quantité proportionnelle à celle que l'on a ingérée.

L'urine contient 3 à 8 parties de chlorure de sodium pour 1,000. Sa proportion dans les matières fixes est de 6 pour 100; dans les sels fixes, de 25 pour 100. En présence de l'urine et des substances organiques de l'urine, il perd sa forme cristalline qui est le cube et se présente en octaèdres.

L'urine renferme également une petite quantité de chlorure de potassium.

Pour doser le chlore, on ajoute à l'urine, préalablement acidifiée, une solution de nitrate d'argent.

Il se forme un précipité de chlorure d'argent insoluble dans les acides, soluble dans l'ammoniaque. Après l'avoir séché et fondu, on détermine son poids d'où l'on déduit celui du chlorure.

Pour plus d'exactitude, on peut recourir à l'emploi d'une solution titrée d'oxalate de mercure ou d'azotate d'argent. Ces procédés volumétriques se trouvent dans tous les ouvrages de chimie.

POTASSE. — SOUDE.

Les sels de soude se rencontrent dans l'urine en quantité plus considérable que les sels de potasse.

Le dosage de ces alcalis s'effectue de la façon suivante : on éva-

pore l'urine à siccité; on calcine le résidu, qui est repris par l'eau distillée. Cette solution, traitée par le chlorure de baryum, laisse déposer du phosphate et du sulfate de baryte. La chaux et l'excès de baryte sont précipités par le carbonate d'ammoniaque. La liqueur filtrée contient alors du carbonate d'ammoniaque, des chlorures d'ammonium, de potassium et de sodium. On évapore et on calcine; les sels ammoniacaux se volatilisent, et il ne reste qu'un mélange des deux chlorures alcalins, dont on détermine le poids.

On les redissout dans l'eau distillée. L'addition du bichlorure de platine forme un précipité de chloro-platinate de potasse que l'on réunit à l'aide de l'alcool. Ce précipité est recueilli et séché : de son poids l'on déduit celui de la potasse. La soude se dose par différence, en soustrayant du poids total des deux chlorures celui du chlorure de potassium correspondant à la quantité de potasse obtenue.

CHAUX.

La chaux est excrétée par les reins à l'état de carbonate et surtout de phosphate. Pour la doser, on traite par l'acide acétique le résidu de la calcination de l'urine; et l'on précipite la solution filtrée par l'oxalate d'ammoniaque. Il suffit de peser l'oxalate de chaux qui s'est formé pour en déduire la quantité de chaux.

MAGNÉSIE.

Toute la magnésie que renferme l'urine se trouve dans la solution obtenue précédemment. On la précipite à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien par l'addition du phosphate de soude et de l'ammoniaque. L'agitation accélère la formation du dépôt. On le recueille; son poids après dessiccation permet d'évaluer celui de la magnésie.

AMMONIAQUE ET PRODUITS AMMONIACAUX.

L'ammoniaque est le produit qui se développe le plus abondamment dans la fermentation putride de l'urine.

Sa présence dans ce liquide avait toujours été attribuée à cette cause; mais M. Heintz a démontré qu'elle existait dans l'urine normale, et M. Neubauer a pu obtenir de l'urine de vingt-quatre heures 1 litre de ce gaz.

Elle se trouve combinée aux acides urique, lactique, chlorhydrique, et à l'état de phosphates ammoniaco-magnésien ou sodique.

Son dosage s'effectue par les procédés ordinaires; il faut surtout éviter la décomposition de l'urée.

ACIDE CARBONIQUE LIBRE.

L'acide carbonique libre se trouve dans l'urine normale; sa proportion s'élève à 80 cent. cubes p. 100. On le démontre en faisant passer dans ce liquide un courant d'hydrogène : ce gaz chasse devant lui l'acide carbonique, qui détermine dans l'eau de chau un précipité de carbonate calcaire.

SILICE.

La silice se rencontre toujours dans l'urine; elle est à l'état de dissolution. Pour la doser, il suffit de traiter par l'acide azotique le résidu de la calcination de l'urine; la silice seule se précipite. on la recueille et on la pèse. M. Guibourt l'a trouvée dans des graviers et des calculs.

MATIÈRES EXTRACTIVES.

On désigne sous ce nom une foule de substances organiques incristallisables que l'on n'est jamais parvenu à isoler de l'urine,

et qui précipitent par la teinture de noix de Galles, le bichlorure de mercure, l'acétate de plomb. Elles proviennent soit du sang, soit des aliments, dont l'oxydation n'aura pas été assez avancée pour les transformer entièrement en urée, acide carbonique, etc. 1,000 parties d'urine contiennent en moyenne 20 parties de matières extractives. Cette quantité présente de nombreuses variations; on n'a pu jusqu'à ce jour se rendre compte de leur importance physiologique.

MATIÈRES COLORANTES DE L'URINE.

L'urine doit sa coloration à des principes qui ont été l'objet de nombreuses recherches, et cependant leur étude est des plus incomplètes. Ces principes sont au nombre de deux. L'un, jaune, donne à l'urine sa teinte normale et paraît dériver de la matière colorante du sérum; on le nomme *hémaphéine* ou *uxoranthine*. L'autre, rouge, pouvant s'unir à l'acide urique, qu'il colore, est désigné sous les noms de *purpurine*, *urrosacine*, *acide rosacique* et *uro-érythrine*.

Proust est le premier chimiste qui les ait distingués. Il admettait la présence constante de l'acide azotique dans l'urine et croyait que le principe rouge était dû à l'oxydation de l'acide urique, et à sa transformation en murexide sous l'influence de l'ammoniaque. Pour lui, l'acide rosacique et le purpurate d'ammoniaque étaient identiques; mais Berzélius prouva, à la suite d'expériences nombreuses, qu'il n'en était pas ainsi. L'uro-érythrine put alors être isolée en traitant par l'alcool les sédiments uriques qu'elle colore en rouge. M. Scherer en fit l'analyse élémentaire et lui trouva une composition très-rapprochée de celle de l'hématosine.

Dans ces derniers temps, M. Harley est parvenu à l'extraire par un procédé régulier. Voici comment il opère :

L'urine est évaporée en consistance sirupeuse, puis traitée par l'alcool; la solution alcoolique additionnée d'un lait de chaux est

portée à l'ébullition ; il se forme un précipité rose qui abandonne à l'éther la matière grasse qu'il contient. Il est décomposé par l'acide chlorhydrique, repris par un mélange d'alcool et d'éther qui, par évaporation, abandonne une poudre rouge. C'est l'uroérythrine.

L'uroxanthine a une composition chimique analogue à celle de l'indigo ; les acides le dédoublent et donnent naissance à une matière colorante rouge, l'urrhoïdine, et une bleue, l'uro-glaucine, analogues avec l'indigo rouge et l'indigo bleu. Toutes ces colorations se produisent surtout sous l'influence de l'acide sulfurique ; aussi est-il employé comme réactif.

On peut évaluer approximativement la proportion de matière colorante contenue dans une urine, à l'aide du colorimètre de Collardeau. On adoptera une urine type comme terme de comparaison.

Les matières colorantes de l'urine contiennent du fer ; elles proviennent de la désagrégation des globules sanguins. Aussi voit-on coïncider l'émission d'urines très-colorées avec un affaiblissement général ; ce qui a lieu dans la fièvre typhoïde.

Certaines urines, celles des cholériques par exemple, laissent parfois déposer du bleu. Le précipité est-il constitué par de l'*uroglaucine* ou bien par cette substance isolée par M. Fordos, et nommée par lui *uro-cyanose?* Je me prononcerai pour l'uro-cyanose, et voici pourquoi : vue au microscope, elle se présente sous la forme de prismes coupés bien droit ; tandis que l'indigo et l'uroglaucine sont en prismes terminés par des pointements : or, ces précipités ne laissent apercevoir aucun pointement ; donc ils sont formés d'uro-cyanose.

TROISIÈME PARTIE

Etude des produits contenus dans l'urine pathologique.

DU SUCRE.

L'urine normale contient du glucose, mais en si faible quantité qu'il est à peine sensible aux réactifs ordinaires. Sa proportion augmente souvent dans les urines morbides et surtout dans les cas d'affections du foie ou des voies respiratoires.

L'urine des cholériques en contient aussi; il provient très-probablement de la décomposition de l'uroxanthine au sein de ce liquide. Cette quantité est bien minime relativement à celle que renferme l'urine des glycosuriques. Cette urine, presque incolore, ou du moins peu colorée, inodore même au bout de quelques heures, possède une saveur franchement sucrée. Sa densité, très-forte, varie entre 1,027 et 1,050. Sa réaction est acide, ce qui est dû à la présence de l'acide lactique.

Le volume des urines rendues par un diabétique est ordinairement de 5 à 8 litres par jour. Cependant j'ai pu observer 12, 15 et même 18 litres; il est proportionnel non-seulement à la quantité d'eau ingérée, mais encore à celle des aliments féculents (Bouchardat).

Cette urine est remarquable par le glucose qu'elle contient en proportion variable suivant l'intensité de la maladie, mais tendant généralement à une moyenne de 60 grammes par litre; aussi possède-t-elle toutes les propriétés des solutions de glucose. Elle dévie à droite le plan de polarisation; elle subit spontanément la fer-

mentation alcoolique, sous l'influence de globules de ferment ayant beaucoup d'analogie avec les globules sanguins.

L'urine du matin est plus chargée que celle de la journée; aussi est-il nécessaire, pour avoir un dosage exact, d'opérer sur le mélange des urines obtenues en vingt-quatre heures. Il serait même préférable de faire trois analyses, le matin, au milieu du jour et le soir, et d'en prendre la moyenne, car le glucose dissous se détruit très-facilement. Nous avons dit plus haut que le glucose se trouvait normalement dans l'urine; il provient de trois sources :

1° Du sucre ingéré;

2° Des aliments amylacés;

3° Du foie.

M. Claude Bernard a en effet démontré, et c'est la plus belle découverte physiologique de ce siècle, que le foie sécrète non-seulement de la bile, mais encore une substance glycogène susceptible de se transformer presque immédiatement en glucose. Cette sécrétion peut être considérablement augmentée en piquant les éminences olivaires qui sont, dans la protubérance cérébrale, les origines des nerfs pneumogastriques.

Maintenant, quelle est la source du diabète? Le cadre de cette thèse ne me permet pas d'entrer dans l'examen des théories émises à ce sujet; je me contenterai d'énoncer, d'après Golding Bird, les causes auxquelles on l'a rapporté :

1° M. Bouchardat l'a attribué à une modification pathologique dans la digestion et l'absorption des féculents;

2° M. Claude Bernard à une lésion spéciale du système nerveux, produisant une hypersécrétion du sucre hépatique;

3° M. Alvaro Reynoso à une gêne des fonctions de respiration, d'où résulte une combustion incomplète du glucose;

4° M. Mialhe à un défaut d'alcalinité du sang rendant impossible la destruction du glucose dans l'économie.

Mais abandonnons ce côté médical de la question pour aborder la partie chimique.

Tout d'abord je rappellerai quelques propriétés du glucose. Il a pour formule $C^{12}H^{12}O^{12}2HO$. Soluble dans l'eau, dans l'alcool, il possède la propriété de cristalliser en cubes ou en tables carrées; parfois il se présente en masses mamelonnées. Il fond à 100°, devient anhydre, puis à 160° perdant deux équivalents d'eau de constitution, donne naissance à une série de produits bruns ayant de l'analogie avec le caramel. M. Berthelot le considère comme un alcool polyatomique; aussi le voyons-nous s'unir aux acides ou aux bases avec élimination d'eau.

Chauffé en présence d'acides ou d'alcalis énergiques, il se transforme en divers produits ulmiques d'une couleur brune; il possède la propriété de réduire certaines dissolutions métalliques, mais seulement en présence d'un alcali. M. Mialhe croit que dans ce cas l'agent réducteur ne serait plus le glucose, mais ce corps transformé, c'est-à-dire la série ulmique.

Le glucose est dextrogyre; son pouvoir rotatoire égale + 55°. Il est susceptible d'éprouver les fermentations alcoolique, lactique et butyrique.

Je ne m'occuperai pas de sa préparation dans les arts; je dirai seulement comment on peut l'extraire de l'urine des glycosuriques. L'urine est décolorée avec soin, soit par l'emploi du sous-acétate de plomb liquide, puis la précipitation de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré, soit par la macération et la filtration sur le noir animal; on l'évapore avec soin en consistance sirupeuse, à une température qui ne doit pas dépasser + 60°, car à l'ébullition, l'urée réagirait sur le glucose pour le transformer en sucre incristallisable. Ce liquide est alors traité par de l'alcool, à une température de + 40°, qui ne dissout que le glucose. Par le refroidissement, il se déposeen tables mamelonnées, que l'on purifie par plusieurs cristallisations.

Ce procédé pourrait servir à rechercher le glucose; il est en effet très-rigoureux à ce point de vue, puisqu'il fournit le sucre en nature; mais comme procédé de dosage, il est défectueux. L'é-

vaporation de l'urine, qui est longue, désagréable, ne conduit qu'à un résultat inexact; aussi est-il moins employé que les suivants.

Procédé de Frommherz.—Ce procédé, modifié successivement par Trommer, Fehling et Barresvill, qui y ont attaché leur nom, n'est pas exempt de reproches. En effet il ne eonduit à un bon résultat qu'au prix de grandes précautions. Maintes fois il a donné lieu aux erreurs les plus regrettables.

Il est basé sur ce fait qu'en présence de la potasse ou de la soude et à l'ébullition le glueose possède la propriété de réduire le tartrate de bioxyde de cuivre, ce qui donne lieu à un précipité jaune-orangé de protoxyde de cuivre hydraté.

Malheureusement le glucose partage cette propriété avec beaucoup de corps, et la perd en présence de certains autres; aussi est-il indispensable de débarrasser de ces substances étrangères le liquide à essayer pour que le procédé soit praticable.

L'urine devra être traitée par l'acétate de plomb qui précipite l'aeide urique et soumise à l'ébullition pour coaguler l'albumine.

Le réaetif employé, ou liqueur de Barreswill, se prépare en opérant ainsi :

1° Dissoudre 40 gr. sulfate de cuivre pur cristallisé dans 160 gr. d'eau distillée.

2° Dissoudre 130 gr. soude eaustique et 160 gr. tartrate neutre de potasse dans 600 gr. eau.

3° Mêler à chaud en agitant constamment la première solution étant versée dans la seconde.

4° Compléter le volume de 1154 c. cubes 4, à la température de 15 degrés.

D'autre part il faut :

1° Dissoudre 100 gr. sucre candi en poudre dans 1 litre d'eau.

2° Intervertir en faisant bouillir quelques minutes au bain-marie, avec 10 cc. d'acide sulfurique au dizième.

3° Verser 50 cc. de cette solution sucrée intervertie dans un litre d'eau.

La liqueur bleue est titrée de façon qu'un certain nombre de divisions de la burette dont on se sert exigent 1 gramme de glucose pour être décolorées. Il est facile par suite de connaître la quantité de glucose contenue dans une liqueur et par déduction celle du sucre avant l'interversion.

Je terminerai l'étude du réactif de Barreswill en citant :

1° Les corps dont la présence empêche la précipitation de l'oxyde de cuivre par le glucose; ce sont : l'albumine, les acides acétique, chlorhydrique, azotique, l'ammoniaque, le chlorhydrate, l'urate, l'oxalate d'ammoniaque et en général les sels ammoniacaux.

2° Les substances qui jouissent de la propriété de précipiter l'oxyde de cuivre comme le glucose; ce sont les agents réducteurs, la leucine, l'allantoïne, la créatine, la créatinine, la cellulose, l'acide urique, le tannin, le chloroforme, etc.

SACCHARIMÉTRIE OPTIQUE.

Le procédé de dosage du glucose par le saccharimètre est sans contredit le plus exact : c'est du reste le plus employé dans les hôpitaux. Il est basé sur la propriété que possède le glucose de dévier le plan de polarisation vers la droite. Cette déviation est proportionnelle à la richesse de la solution.

L'urine est décolorée par l'acétate de plomb, dont on précipite l'excès par le sulfate de magnésie, puis filtrée. Mais l'urine des glycosuriques est peu colorée, et cette opération a le tort d'introduire dans ce liquide des éléments nouveaux et de changer le volume. Aussi M. Fordos conseille-t-il et avec raison d'agir directement sur l'urine brute, après l'avoir filtrée.

Dans le cas d'une urine colorée, je me suis bien trouvé de la macération sur le noir animal.

Après avoir réglé le zéro du vernier sur celui de la graduation

et pris la teinte fleur de lin, qui est la plus sensible, on observe le liquide en employant le tube de 22 centimètres.

Chaque degré de déviation vers la droite correspond à 2 gr. 25 de sucre de diabète par litre d'urine.

Fermentation. — L'urine des diabétiques à laquelle on ajoute de la levure de bière subit la fermentation alcoolique, c'est-à-dire que le glucose qu'elle renferme se détruit en donnant naissance à de l'alcool et de l'acide carbonique. Il suffit de recueillir ce gaz bien desséché dans un appareil à boules rempli de potasse caustique et pesé avant l'opération. L'augmentation qu'il aura subie sera précisément le poids de l'acide carbonique absorbé, d'où l'on déduira celui du glucose. Ce procédé exige trop de temps, aussi est-il peu employé.

Procédé Leconte. — L'urine additionnée d'acide acétique est réduite par l'évaporation au cinquième de son volume. On la traite par l'alcool qui ne dissout que le glucose. Cette solution est filtrée, évaporée, puis essayée. On peut ainsi découvrir des traces de sucre de diabète.

Réactif Moore. — L'urine des diabétiques, additionnée de potasse et portée à l'ébullition, devient d'une couleur brune par la transformation du glucose en acide mélassique.

Réactif Bœttger. — Le glucose à l'ébullition et en présence de la potasse réduit le sous-nitrate de bismuth et donne lieu à un précipité noir. L'urine doit être débarrassée d'albumine et de sulfures, pour éviter la formation du sulfure de plomb qui induirait en erreur.

Réactif Maumené. — Un morceau de mérinos blanc, imprégné de bichlorure d'étain et plongé dans l'urine d'un diabétique, devient noir par suite de la réduction de l'étain.

Enfin l'acide chromique naissant qui est rouge, est réduit à l'état de sesquioxyde de chrome vert. Tous ces réactifs sont basés sur la propriété réductrice du glucose, aussi méritent-ils les critiques que j'ai adressées à la liqueur de Barreswill.

J'ai passé en revue tous les procédés de dosage et de recherche du glucose. Je terminerai l'étude du diabète au point de vue chimique, en disant quelques mots des altérations et des différences de composition qui accompagnent la présence du sucre dans l'urine.

La sécrétion de l'urée est exagérée, on peut s'en rendre compte si l'on admet que le diabète est dû à un défaut d'assimilation, et que dans ce cas les matières albuminoïdes peuvent donner du sucre et de l'urée.

L'acide urique se trouve parfois en quantité si considérable, qu'il a pu former des concrétions (Rayer, Bouchardat).

L'acide hippurique s'y rencontre très-souvent et enfin l'albumine, surtout dans la dernière période : la présence de cette substance est alors d'un pronostic très-grave.

Le diabète se termine fréquemment par la tuberculose. J'ai toujours remarqué que dans ce cas la quantité de glucose diminuait progressivement pour faire place à de l'albumine. Tous les médicaments ont été successivement essayés contre le diabète avec un succès plus ou moins douteux. Dans le traitement actuellement employé et qui est dû à M. Bouchardat, les moyens hygiéniques occupent la plus grande place.

INOSITE.

L'inosite est une substance blanche, sucrée, cristallisant en prismes rhomboïdaux, insolubles dans l'éther et l'alcool absolu. Elle ne réduit pas la liqueur de Barreswill, reste incolore en présence de la potasse, ce qui la distingue du glucose. On la trouve dans les muscles, les poumons, le cerveau, la rate, le pancréas. Sa pré-

sence dans l'urine caractérise l'affection désignée sous le nom d'*inosurie :* affection souvent accompagnée d'albuminurie ou de glycosurie. Le réactif de l'inosite est le nitrate acide de mercure. Pour s'en servir, il suffit de concentrer l'urine : l'addition de quelques gouttes de la solution mercurielle donne lieu à un précipité jaune qui, après dessiccation, devient rose sous l'influence de la chaleur, et par le refroidissement revient à sa teinte primitive.

Inutile de dire que l'urine sur laquelle on opère doit être privée de l'albumine et du glucose qu'elle pourrait contenir.

ALBUMINE.

L'albumine est un principe immédiat abondamment contenu dans les animaux et les végétaux. A l'état naturel, c'est un liquide filant, incolore, inodore, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et déviant le plan de polarisation vers la gauche. La solution aqueuse devient opaline à 60°, et laisse déposer entre 63° et 75° des flocons d'albumine coagulée. A 150° et sous pression, ces flocons se redissolvent.

La coagulation est incomplète si la solution aqueuse est très-étendue ; elle n'a pas lieu en présence des carbonates alcalins.

L'albumine est précipitée par l'alcool, l'éther, la créosote, l'aniline, les acides en général. L'acide chlorhydrique concentré la dissout en partie, la portion insoluble se rapproche pour les propriétés de la chondrine, principe contenu dans les cartilages.

L'albumine s'unit aux alcalis, les corps qui en résultent sont solubles dans l'eau.

Elle précipite les sels métalliques, notamment le bichlorure de mercure, aussi est-elle employée comme antidote de ce toxique.

On distingue deux albumines.

L'albumine du sang diffère de celle du blanc d'œuf par les caractères suivants :

Elle est incolore et non verdâtre, renferme moins de soufre,

n'est pas coagulable par l'agitation seule, est précipitée à 75°, tandis que celle de l'œuf l'est à 60°.

La proportion de l'albumine dans le sang, d'après M. Becquerel, s'élève en moyenne 80 gr. à l'état sec pour 1,000 gr. de liquide.

On la rencontre dans la lymphe, le mucus, le pus, le sperme; mais jamais dans l'urine normale : sa présence dans l'urine est donc l'indice d'un état pathologique.

L'albumine existe encore dans l'économie sous deux autres états : 1° l'albuminose, produit ultime de la transformation des matières albuminoïdes, qui n'est plus décelé que par les réactifs des matières animales; 2° une substance intermédiaire incomplétement précipitée par la chaleur et les acides.

L'albuminurie permanente est un symptôme très-grave qui caractérise cette affection connue sous le nom de *maladie de Bright*, néphrite albumineuse ou dégénérescence granuleuse.

L'albuminurie passagère se rencontre dans une foule de circonstances :

1° Dans les maladies aiguës fébriles, caractérisées par des troubles fonctionnels intenses.

Exemple : la fièvre typhoïde, la scarlatine; l'urine contient alors beaucoup de lamelles épithéliales.

2° Dans les affections accompagnées d'une forte dyspnée, qui détermine une congestion sanguine des reins : la pneumonie, l'emphysème pulmonaire, la bronchite.

3° Dans certaines maladies du cœur.

4° Dans les hydropisies, principalement celles qui surviennent à la suite d'une scarlatine, et qui, parvenues à un degré avancé, déterminent un œdème des reins.

5° Dans la grossesse, par suite de la compression des gros vaisseaux de l'abdomen.

6° Dans une foule de cas où il est impossible de la rattacher à aucune affection.

Témoin ce fait observé par M. Becquerel à l'hôpital de la Cha-

rité. Un infirmier robuste, jouissant d'une bonne santé, a, pendant six mois, émis des urines albumineuses.

Quoi qu'il en soit, l'existence constante pendant plusieurs jours de l'albumine dans les urines est un symptôme grave qui dénote une lésion des reins; aussi est-il nécessaire de savoir rechercher et doser cette substance. Il serait fâcheux, pour l'interprétation de certains actes morbides, d'avoir des données inexactes sur un élément de diagnostic aussi important.

J'aborderai donc l'étude des urines albumineuses au point de vue de leurs propriétés et de leur analyse.

Ces urines peuvent présenter toutes les couleurs possibles; leur densité varie entre 1,015 et 1,025 : elles moussent, sont visqueuses et contiennent beaucoup moins d'urée qu'à l'état normal. La diminution de ce produit est, dit-on, proportionnelle à l'augmentation de l'albumine.

Vues au microscope, elles présentent généralement des lamelles, des cellules épithéliales, des tubes rénaux, des globules de sang et de pus.

L'urine peut être albumineuse sans qu'il y ait albuminurie; cela se présente lorsqu'elle contient accidentellement du sang, du pus ou du sperme. Dans ce cas, l'albumine qui est introduite dans l'urine par ces corps étrangers n'a aucune valeur comme symptôme d'une lésion rénale.

RECHERCHE DE L'ALBUMINE.

Emploi de la chaleur. — La coagulation par la chaleur est le procédé de recherche le plus certain et le plus commode. L'urine est chauffée jusqu'à l'ébullition : on la voit bientôt se troubler et l'albumine se précipite en flocons blanchâtres.

Si l'urine est alcaline, elle restera transparente, car l'albumine est soluble dans les alcalis. La précipitation peut aussi ne pas s'ef-

fectuer si l'albumine a subi cette transformation dont j'ai parlé plus haut.

Dans les deux cas, l'addition d'un acide déterminera la coagulation de l'albumine.

Acide azotique. — Cet acide précipite l'albumine, mais à la condition d'être dans le rapport de 1 gramme à 6 ou 8 grammes d'urine.

En effet, le précipité se redissout dans l'acide étendu et en présence d'une grande quantité d'urine : il est également soluble dans un excès d'acide concentré.

De plus, la présence de quelques gouttes d'acide azotique dans une urine empêche la coagulation de l'albumine à l'ébullition.

La chaleur, l'acide azotique déterminent parfois la formation de précipités que l'on pourrait confondre avec celui de l'albumine.

L'urine alcaline se trouble sous l'influence de la chaleur et laisse déposer un mélange de phosphate et carbonate de chaux. Ce précipité se reconnaîtra à sa solubilité dans les acides : pour l'éviter, il sera préférable de saturer l'alcali avant de chauffer. Lorsque l'urine contient des quantités notables d'urates, d'acide urique; un précipité blanc se forme par l'addition de l'acide azotique, mais il se redissout si l'on élève la température; il suffit pour cela de chauffer à 40 ou 50 degrés.

L'acide azotique donne naissance dans une urine dense à de l'azotate d'urée. Cette cristallisation vue au microscope ne peut être confondue avec les flocons d'albumine.

L'emploi de la chaleur ou de l'acide azotique présente, on le voit, de nombreux inconvénients : aussi a-t-on cherché d'autres réactifs.

On a proposé l'alcool; mais ce liquide trouble les urines muqueuses, précipite les sels en même temps que l'albumine et donne lieu à des évaluations inexactes.

Le tannin, le bichlorure de mercure, l'alun, quoique coagulant

l'albumine, produisent également un abondant précipité dans les urines non albumineuses.

Je me sers depuis peu de l'acide phénique, j'en obtiens les plus beaux résultats ; mais le temps m'a manqué pour étudier complétement ce réactif : aussi je me borne à le citer.

Les procédés de dosage de l'albumine ne donnent que des résultats approximatifs ; je citerai celui de Rœdecker à l'aide d'une liqueur titrée de ferrocyanure de potassium.

M. Becquerel se sert de l'albuminomètre, instrument dont la construction est basée sur la propriété lœvogyre de l'albumine et se rapproche de celle du saccharimètre. Dans la pratique des hôpitaux, on traite l'urine par la chaleur ou un acide. L'albumine coagulée est lavée à l'eau chaude et à l'alcool, puis séchee et pesée. Les sels qu'elle retient compensent par leur poids la perte qu'elle a subie dans ces opérations.

BILE.

La bile est un liquide épais, filant, d'une couleur verdâtre foncée, possédant une saveur à la fois douce et amère, une odeur nauséabonde. Sa densité varie entre 1,026 et 1,032. Elle contient des matières très-altérables par les réactifs qui donnent naissance à des produits nouveaux ; aussi grand désaccord parmi les chimistes qui ont essayé d'analyser cette sécrétion. On a publié sur la bile une multitude d'ouvrages, et cependant il règne encore la plus grande incertitude sur sa composition. M. Gorup Besamez a fait l'analyse de la bile prise dans la vésicule de deux suppliciés ; voici les résultats auxquels il est arrivé :

Eau	89.7	82.1
Cholate et choléate de soude	5.2	10.6
Cholestérine / Manganèse et oléine	3.1	4.0
Mucus ; matières colorantes	1.4	2.2
Sels	0.6	1.1
	100.0	100.0

Les acides cholique et choléique qui sont unis à la soude ont été désignés par Lehmann sous les noms de glycocholique et taurocholique, qui indiquent leurs éléments. J'étudierai plus loin leurs propriétés chimiques en parlant de leurs réactifs.

La cholestérine peut être extraite de la bile, en profitant de sa solubilité dans l'acide acétique cristallisable.

Les matières colorantes sont au nombre de deux : la biliverdine et la bilifulvine.

La première, qui est la plus importante, est verte, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther. On l'obtient en traitant la bile par un lait de chaux, décomposant le précipité par l'acide chlorhydrique, puis reprenant par l'éther.

La bilifulvine est brune, cristallisable.

La bile est sécrétée par le foie. Sa production, d'après M. Blondlot, s'élèverait en moyenne à 200 grammes par jour. Mais cette évaluation a été contestée, et il résulte d'expériences récentes faites par MM. Bidder et Schmidt, qu'un homme de moyenne force, c'est-à-dire pesant 60 kilogrammes, fournit de 12 à 1800 grammes de bile par jour. Cette sécrétion n'est déversée qu'en partie dans l'intestin grêle; la portion la plus considérable, puisqu'elle constitue les 4/5 de la production totale, est résorbée, et passe dans le torrent de la circulation.

La matière colorante est transformée, c'est pourquoi nous ne présentons pas les signes extérieurs de l'ictère. Dans cette maladie, qui est occasionnée par l'obstruction ou la compression du canal cholédoque, la bile, ne pouvant plus s'écouler librement dans le duodénum, est entièrement résorbée.

Cette surabondance insolite d'éléments biliaires dans le sang, détermine la coloration jaune des tissus. L'urine prend alors une teinte rouge foncée; il est facile d'y constater la présence de la bile.

Bien des réactifs ont été proposés pour cela : les uns agissent

sur la matière colorante, les autres sur les acides biliaires. J'étudierai d'abord les premiers.

Réactifs de la matière colorante biliaire.

L'acide azotique nitreux, versé goutte à goutte dans une urine bilieuse, y détermine une série de colorations dans lesquelles le vert et le violet prédominent.

Si l'urine a été préalablement additionnée d'albumine, il précipite cette substance en flocons bleus verdâtres.

Le précipité produit par le sous-acétate de plomb a une coloration jaunâtre.

Les phosphates qui se déposent au bout d'un jour ou deux présentent une teinte jaune. Vues au microscope, les cellules épithéliales que contient souvent l'urine biliaire sont colorées en jaune vif. Le chloroforme prend la même teinte parce qu'il dissout la bilifulvine.

Mais, il est un réactif beaucoup plus sensible que l'acide azotique ; je croyais en être l'auteur, lorsque j'appris qu'un médecin de Leipsick l'avait découvert avant moi. Ce réactif, c'est la teinture d'iode : j'y fus conduit par le raisonnement suivant. J'ai été frappé de ce fait, que sur les urines bilieuses les corps oxydants agissent tous de la même manière, sauf à tenir compte de leur plus ou moins grande force d'oxydation.

L'acide azotique nitreux donne une série de colorations dans lesquelles le vert et le violet dominent.

Avec le permanganate de potasse, si l'on a soin d'ajouter un acide pour absorber le bioxyde de manganèse formé, ces teintes passent si rapidement qu'il est presque impossible de les distinguer.

Le chlore, le brome déterminent une réaction semblable, mais moins intense.

Trouvant que les teintes fournies par l'acide azotique étaient

très-fugaces, j'ai été amené à chercher un corps oxydant moins énergique que lui, et pouvant ainsi me donner des teintes plus stables, et par suite une plus grande certitude de la présence de la bile. Après bien des tâtonnements je m'arrêtai à l'iode; j'essayai l'eau iodée, l'iodure iodurée de potassium, enfin j'adoptai la teinture d'iode des pharmacies, réactif plus sensible que les précédents, par cette seule raison que, sous le même volume, il contient beaucoup plus d'iode.

Deux ou trois gouttes de cette teinture, versées dans une urine bilieuse, neutre ou acide, déterminent une teinte vert-émeraude magnifique qui persiste pendant une demi-heure, puis devient rose, enfin jaune.

Si l'urine est alcaline, les premières gouttes ne produisent aucune teinte, attendu qu'elles sont employées à saturer l'alcali.

Ce réactif est d'une grande sensibilité : j'ai pu obtenir la coloration verte en agissant sur 60 grammes d'eau distillée, additionnée de quelques gouttes de l'urine d'un ictérique.

Lorsqu'une urine contient très-peu de bile, il faut opérer en même temps sur l'urine normale, et comparer les teintes.

La différence sera plus évidente, si l'on additionne ces urines d'eau albumineuse ou de sous-acétate de plomb. Le précipité sera vert dans un cas et jaunâtre dans l'autre.

Réactifs des acides biliaires.

M. Pettenkofer recommande d'ajouter à l'urine les deux tiers de son poids d'acide sulfurique concentré, privé d'acide sulfureux; ce mélange doit être fait goutte à goutte pour éviter une trop grande élévation de température. En projetant dans ce liquide un fragment de sucre, on détermine une coloration violette s'il contient de la bile.

L'albumine doit être coagulée et séparée prealablement. L'opé-

ration est très-délicate, et il est difficile d'obtenir la teinte caractéristique.

Le procédé de Hoppe est encore plus compliqué : il faut traiter l'urine par un lait de chaux, maintenir le tout à l'ébullition pendant une demi-heure, filtrer, évaporer à siccité. Puis faire bouillir le résidu avec de l'acide chlorhydrique concentré. La liqueur additionnée d'eau laisse précipiter une matière résineuse : c'est de l'acide choloïdique, produit de transformation de l'acide cholique. Soumis au réactif de Pettenkofer, il donne la coloration violette avec une parfaite netteté.

On a proposé d'évaluer la quantité de la bile contenue dans un fluide quelconque de l'économie, en dosant les sels biliaires. Mais ces procédés sont inexacts à cause du peu de stabilité des corps sur lesquels on opère.

Je citerai la méthode de Huppert. A la suite d'un traitement très-long, on obtient une solution alcoolique de cholate de soude que l'on extrait par l'évaporation du véhicule. On le sèche, et de son poids l'on déduit approximativement la quantité de bile.

Ces procédés ne sont pas praticables dans une clinique ; on peut se borner, au lit du malade, à l'emploi de la teinture d'iode ou de l'acide azotique. Les résultats obtenus sont suffisants pour le diagnostic.

CYSTINE ($C^6AzS^2H^6O^4$).

La cystine ou oxyde cystique a été découverte par Wollaston : c'est une subtance très-curieuse, qui apparaît dans l'urine sous forme de sédiments ou de calculs. Elle possède des propriétés bien définies. A l'état de pureté, elle est blanche, inodore, cristallisée en tables hexagonales, insoluble dans l'eau, l'alcool, très-soluble dans l'ammoniaque, qui l'abandonne par l'évaporation. La potasse forme avec elle une combinaison, d'où l'acide acétique la précipite. Les acides concentrés la dissolvent. Chauffée sur les charbons ardents, elle répand une odeur alliacée.

Elle renferme 26 p. 100 de soufre; aussi Liebig a proposé de la déceler à l'aide d'une solution alcaline d'oxyde de plomb. Mais ce réactif ne donne des indications précises qu'à la condition de séparer préalablement tous les produits sulfurés de l'urine.

Le meilleur moyen de reconnaître si un calcul contient de la cystine est de le traiter par l'ammoniaque, filtrer, évaporer la solution, puis examiner au microscope les cristaux, dont la forme est caractéristique.

Les dépôts cystiques sont d'un fauve pâle. Ils se distinguent des urates parce qu'ils ne disparaissent pas en chauffant l'urine; des phosphates par leur insolubilité dans les acides chlorhydrique faible ou acétique concentré. Les calculs cystiques sont de grosseur variable; Civiale, dans une opération de lithotritie, en a rencontré un qui avait le volume d'un œuf de poule.

La cystine se rencontre généralement dans l'urine des personnes affaiblies; sa production est héréditaire et liée à l'état scrofuleux.

XANTHINE ($C^{10}Az^4H^4O^4$).

Synonymie. — Oxyde xanthique, oxyde urique; acide xanthique, acide ureux.

La xanthine est une substance très-rare, qui a été découverte par le Dr Marcet. On la rencontre dans des sédiments, des calculs, mais jamais dans l'urine normale.

Dure, amorphe, elle possède une couleur jaune, un aspect cireux, tandis qu'à l'état de pureté elle est tout à fait blanche.

Elle diffère de l'acide urique par deux équivalents d'oxygène, et par les propriétés suivantes :

L'acide azotique la dissout, et laisse par l'évaporation un résidu jaune. L'acide sulfurique contracte avec elle une combinaison que ne détruit pas l'addition de l'eau. Soluble dans la potasse, elle est précipitée à l'état de poudre blanche, par un courant d'acide carbonique.

Elle se distingue de la cystine par l'absence de formes cristallines et son insolubilité dans les acides chlorhydrique et oxalique.

KYESTÉINE.

Si l'on abandonne à elle-même l'urine d'une femme enceinte, et surtout l'urine du matin, on voit vingt-quatre heures après se produire de petits points brillants à sa surface.

Le lendemain, ces points se réunissent sous forme d'une pellicule transparente, qui augmente beaucoup, et donne au bout de trois jours une couche épaisse, jaunâtre, crémeuse. Elle ressemble alors à celle qui surnage le bouillon. Plus tard, cette pellicule se brise, et les débris, en raison de leur densité, gagnent le fond du vase.

Cette substance, c'est la kyestéine.

Sa composition est très-complexe; on y trouve une matière caséeuse, du phosphate, du carbonate de chaux, du phosphate ammoniaco-magnésien, des vibrions, des monades, etc.

Vue au microscope, elle présente de magnifiques cristaux triangulaires, de triple phosphate, enlacés au milieu d'une substance granuleuse et de globules graisseux.

On a dit que la présence de la kyestéine caractérisait l'urine des femmes enceintes, à partir du second mois de la grossesse; mais c'est un signe de peu de valeur, puisqu'on l'a rencontré dans l'urine des femmes non enceintes, et même dans celle de l'homme.

URINES GRAISSEUSES, CHYLEUSES, LAITEUSES.

Ces urines sont opalescentes, blanchâtres, à cause des matières grasses qu'elles renferment à un état de division extrême, et des globules qu'elles tiennent en suspension. Elles présentent plusieurs caractères différentiels que je vais indiquer sommairement.

Urines graisseuses. — L'urine normale renferme des matières grasses, que l'on a estimées de 0,077 à 0,200 p. 100. Cette proportion augmente dans certains états pathologiques : dans la dégénérescence graisseuse : lorsque l'urine se mélange avec les produits que fournissent les glandules des organes génitaux externes de la femme. Les globules graisseux montent à la surface, et viennent imprégner les cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien. Ces globules sont sphériques; leur volume varie entre 1/1000e et 50/0000e de millimètre. On peut rendre à l'urine sa transparence en l'agitant avec de l'éther ou du sulfure de carbone.

Urines chyleuses. — Ces urines sont rarement observées dans nos climats; on les rencontre plus fréquemment à Cuba, au Brésil. Elles contiennent une forte proportion de matière grasse. L'examen microscopique fait découvrir, en outre, des globules granuleux assez semblables aux globules blancs du sang et du chyle.

Urines laiteuses. — La couleur lactescente de certaines urines a fait croire au passage des éléments du lait dans la sécrétion urinaire. On ne connaît à ce sujet qu'une observation bien authentique ; elle est due à M. Grassi.

MUCUS.

Les membranes muqueuses des voies urinaires sécrètent continuellement une matière nommée mucus que l'on retrouve dans l'urine à un état de division extrême. Sa proportion est très-variable : chez l'homme sain elle est de 0,32 pour 1,000, elle augmente considérablement suivant le degré d'inflammation ou d'irritation des organes. Le mucus se dépose sous forme de flocons nuageux qui communiquent à l'urine une certaine viscosité. On pourrait les confondre avec le précipité gélatineux que donnent souvent l'acide urique et les urates en se séparant à l'état hydraté. L'exa-

men microscopique suffira pour les distinguer : le mucus présente des cellules épithéliales provenant de la vessie et des globules blancs sécrétés par l'urèthre plus volumineux que les globules du sang.

Le mucus squameux, d'après M. Vigla, serait le mucus physiologique, tandis que la présence des globules, indiquant une sécrétion morbide, caractériserait cette matière que M. Rayer nomme mucopus. Mais entre le mucus et le mucopus, y a-t-il une différence bien tranchée? Je ne le crois pas, car le mucus renferme toujours une petite quantité de globules. On le sépare de l'urine à l'aide du filtre; désséché il présente l'aspect d'un enduit brillant : il brûle avec une flamme éclairante due à la matière grasse qu'il contient et que l'on peut isoler à l'aide de l'éther ou du sulfure de carbone.

Le mucus doit sa viscosité à une substance peu connue appelée mucine ; il ne renferme pas d'albumine. Il possède une réaction alcaline au sein même d'une urine acide.

PUS.

Le pus se montre dans l'urine à la suite d'une inflammation des organes génito-urinaires, d'un abcès siégeant dans une partie voisine, ou encore, ce qui est remarquable, chez les hommes sains âgés de plus de 40 ans.

L'urine purulente contient un dépôt jaunâtre qui se mêle facilement au liquide surnageant tant qu'il est acide ; mais s'il devient alcalin, le pus se transforme en une matière filante gélatiniforme. L'urine purulente renferme toujours de l'albumine qui provient du sérum du pus.

Vu au microscope le pus se présente sous forme d'un liquide tenant en suspension une foule de globules incolores plus volumineux que ceux du sang. Ils se composent d'un noyau insoluble dans les acides et d'une pellicule soluble dans l'acide acétique.

Les alcalis sont de bons réactifs du pus; la matière grasse qu'il

contient est saponifiée et fait prendre à tout le liquide une grande consistance.

Le pus renferme une matière colorante bleue isolée par M. Fordos qui l'a nommée Pyocianine. Elle se développe dans certains cas et communique sa teinte aux linges qui recouvrent les plaies. Pour l'extraire il suffit de faire macérer ces linges dans l'alcool, enlever les matières grasses par le sulfure de carbone, et enfin traiter par l'acide chlorhydrique. On obtient un sel de pyocianine rouge que l'on décompose par le carbonate de baryte. La pyocyanine cristallise en prismes bleus, est soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, le chloroforme.

SANG.

Le sang se rencontre souvent dans l'urine, il est excrété chez l'homme à la suite d'une lésion de la muqueuse urinaire seule : tandisque chez la femme il provient en outre et le plus souvent des organes génitaux. L'urine d'une femme en contient toujours pendant les règles. Dans les affections rénales aiguës, l'hématurie, le purpura, l'urine renferme du sang ; elle présente une couleur foncée qui au bout de quelques jours devient noirâtre. Quand elle est neutre ou alcaline, le dépôt granuleux qui s'est formé est rouge vif; dans le cas contraire il prend une teinte brunâtre.

Les globules perdent rapidement leur forme à cause de l'action endosmotique de l'eau. Aussi, M. Lecanu a proposé de démontrer chimiquement la présence du sang par les réactions de sa matière colorante, l'hématosine, réactions dues au fer qu'elle contient.

Les globules sanguins vus au microscope sont circulaires, aplatis, renflés à la circonférence, déprimés au centre qui paraît clair ou obscur suivant la distance de l'objectif : ils roulent dans le liquide et présentent tantôt la face tantôt la tranche. Ils sont solubles dans l'acide acétique, insolubles dans l'acide nitrique ; leur diamètre est de 1/120 de millimètre. On pourrait les confondre avec des

sporules cryptogamiques qui se trouvent parfois dans l'urine : le mieux dans ce cas est d'abandonner le liquide à lui-même et de laisser produire la germination.

SPERME.

On trouve fréquemment du sperme dans l'urine, principalement chez les jeunes gens, même chez ceux qui jouissent d'une bonne santé. Il provient de la faculté que possèdent les testicules, comme toutes les glandes, de laisser échapper leur sécrétion. La présence constante d'une grande quantité de sperme dans l'urine constitue un des caractères de la spermatorrhée.

L'urine du matin en renferme plus que celle du soir ; elle présente un nuage blanchâtre épais, homogène, qui se dépose peu à à peu. L'examen microscopique est le meilleur moyen de recherche.

Avec un grossissement de 400 diamètres, on aperçoit très-bien les spermatozoaires, que l'on a comparés, pour la forme, aux têtards de grenouilles. Ils se composent d'une partie renflée, la tête, et d'un appendice filiforme, la queue. Leur longueur et de 1/20e de millimètre. Ils exécutent les mouvements les plus variés avec une très-grande force; ils écartent aisément des cristaux dix fois plus gros qu'eux. Dans l'urine on les trouve toujours morts. Ils se conservent quelque temps si elle est acide; car il ne se développe pas de vibrions; ils sont au contraire rapidement détruits dans l'urine alcaline.

Le pus a la propriété de les conserver même vivants : parfois, ils sont entourés de cristaux. Il faut alors étendre d'eau l'urine, puis la chauffer légèrement, pour dissoudre les sels avant de l'examiner au microscope.

UROCYANOSE. — ACIDE URO-ERYTHRIQUE.

Les acides chlorhydrique et sulfurique développent, dans certaines urines, celles des cholériques, par exemple, une matière colorante bleue, soluble dans l'éther et le chloroforme. Ces dissolvants l'enlèvent à l'urine, et par évaporation l'abandonnent sous forme de prismes droits d'un bleu magnifique. Cette substance est l'urocyanose, découverte et étudiée par M. Fordos. Elle est neutre, possède les propriétés de l'indigo, mais en diffère par la cristallisation. Son origine est inconnue; elle est parfois sécrétée directement par les reins. M. Fordos m'a montré récemment une urine bleue d'où elle se déposait naturellement. Le malade la rendait ainsi depuis six mois. Elle est souvent accompagnée d'une matière rouge acide dont nous devons également la découverte à M. Fordos, qui l'a nommée acide uro-érythrique.

On les sépare à l'aide de procédés chimiques, ou en profitant de leur différence de solubilité dans les dissolvants.

QUATRIÈME PARTIE

Recherche des médicaments et des poisons qui se trouvent accidentellement dans l'urine.

Les médicaments et les toxiques introduits dans l'économie ne sont assimilés qu'en faible proportion : la majeure partie est rejetée par les différentes voies d'élimination et surtout par les reins.

Certaines substances ne se retrouvent pas dans la sécrétion urinaire : Berzélius cite dans ce cas les acides minéraux, les préparations de bismuth et de plomb, l'alcool, l'éther, le camphre, le musc, le tournesol, l'orcanette. Il est maintenant démontré que les acides minéraux passent dans l'urine. La preuve m'en a été donnée par les expériences que l'un de mes collègues de la Charité a faites sur l'urine d'un homme empoisonné par l'acide azotique.

Quant aux préparations de plomb je les ai retrouvées maintes fois dans l'urine des nombreux ouvriers de Clichy qui entrent à l'hôpital par suite de l'intoxication saturnine.

Certains sels à acides organiques, tels que les acétates, citrates, tartrates, s'oxydent sous l'influence de la combustion physiologique et passent dans l'urine à l'état de carbonates.

D'autres substances enfin apparaissent dans l'urine sans avoir éprouvé aucune altération.

Je n'ai pas l'intention d'examiner successivement tous les corps qui peuvent se trouver accidentellement dans l'urine : les procédés employés à les déceler rentrent dans les méthodes générales de la

chimie analytique. Je ne passerai en revue que ceux dont la recherche exige des connaissances spéciales ou qui présentent des particularités remarquables.

ARSENIC. — ANTIMOINE.

L'arsenic, l'antimoine sont rapidement éliminés par les urines. Foderé l'avait annoncé, mais c'est à Orfila que nous devons les expériences les plus convaincantes. En intoxicant des chiens par l'acide arsénieux il remarqua que ces animaux succombaient bientôt, si la sécrétion urinaire s'arrêtait, tandis qu'ils guérissaient souvent lorsqu'elle reprenait son cours. Ayant recherché l'arsenic dans ces urines il l'y rencontra en quantité considérable. Ces mêmes phénomènes se présentent chez l'homme, à la suite d'un empoisonnement par l'arsenic : dans la forme suraiguë il y a absence complète d'urine dans la vessie, l'amélioration n'a lieu que lorsque la sécrétion se rétablit : on voit par là l'influence des diurétiques pour l'élimination de ces poisons.

Les préparations arsenicales et antimoniales peuvent être introduites dans l'économie par les voies digestives ou par la méthode endermique ; on les retrouvera toujours dans l'urine, car les procédés de recherche sont d'une extrême sensibilité. On peut démontrer la présence de l'arsenic dans l'urine d'un malade qui prend chaque jour de la liqueur de Fowler, même à très-petites doses.

Pour cela l'urine évaporée à siccité est légèrement carbonisée avec de la potasse caustique pure, puis traitée par de l'acide chlorhydrique étendu et bouillant. Le liquide qui en résulte, introduit dans l'appareil de Marsh fournit des taches arsenicales ou antimoniales que l'on reconnaît à leurs caractères différentiels.

PHOSPHORE.

Le Dr Beale prétend que l'urine des individus empoisonnés par

le phosphore présente des lueurs très-sensibles dans l'appareil de Mitscherlich. J'ai expérimenté plusieurs fois sur ces urines et jamais il ne m'a été possible de constater cette réaction.

PLOMB.

L'urine est soumise à l'action d'un courant d'hydrogène sulfuré, puis abandonnée à elle-même pendant vingt-quatre heures. Un dépôt s'est formé, on décante avec soin le liquide surnageant et l'on filtre sur papier Berzélius. Le précipité et le filtre sont incinérés et le résidu traité par l'acide azotique. Cette solution additionnée d'eau distillée fournit les réactions caractéristiques des sels de plomb.

Cette méthode est générale et applicable à tous les métaux que l'acide sulfhydrique précipite.

On peut aussi constater la présence du plomb de la manière suivante : on plonge dans l'urine, en le laissant pendant dix minutes, un petit sachet de linge blanc épais, contenant du sulfure de potassium. Ce sel au contact du composé plombique se transforme en sulfure de plomb noir insoluble qui reste dans le linge.

MERCURE.

A la suite d'un traitement mercuriel interne ou externe, on retrouve la mercure dans les urines, mais à l'état de sel insoluble. Aussi faut-il le chercher dans les sédiments. Si on les chauffe avec du carbonate de soude dans un tube effilé, le mercure se sublime à la partie supérieure.

On peut également appliquer les procédés usités en toxicologie, je ne m'y arrêterai pas.

FER.

L'urine normale contient-elle du fer? Est-elle la voie d'élimination de ce corps?

Plusieurs chimistes répondent à ces questions par l'affirmation, et citent à l'appui de leur opinion les réactions suivantes :

L'urine à laquelle on ajoute un acide concentré et du cyanoferrure de potassium, présente la coloration bleu de Prusse.

On obtient le même résultat en agissant sur le résidu de la calcination de l'urine.

L'addition de sulfocyanure de potassium détermine une teinte rouge.

Je ne crois pas ces expériences bien caractérisques, car le cyanoferrure de potassium devient bleu sous l'influence seule d'un acide concentré. Ensuite il est difficile de porter un liquide à l'ébullition sans qu'il contienne du fer. Ce métal provient des ustensiles que l'on emploie, des cendres du foyer, d'une foule d'objets que renferme toujours un laboratoire. Pour se mettre à l'abri de ces causes d'erreur, il faut évaporer l'urine dans une cornue terminée par un réfrigérant. C'est en opérant ainsi que M. Quevenne a démontré que le fer ne se trouvait pas dans l'urine normale.

Est-il éliminé par les reins, on ne peut l'affirmer : car M. Quevenne analysant l'urine d'une chlorotique soumise depuis longtemps à un traitement ferrugineux, n'a rencontré que des traces inappréciables de fer.

IODE ET IODURE DE POTASSIUM.

L'iode, quel que soit son mode d'administration, est l'un des médicaments que l'on retrouve le plus facilement dans l'urine. Pour le rechercher, il suffit d'ajouter à l'urine du chlorate de potasse, de l'acide sulfurique et une solution d'amidon. Le chlorate de potasse est décomposé; il en résulte du perchlorate et du sulfate de potasse et de l'acide hypo-azotique. Ce dernier, agissant sur l'iodure de potassium, donne naissance à du chlorate et du chlorite de potasse, et met en liberté de l'iode qui bleuit l'amidon.

L'iode peut être extrait en additionnant l'urine d'une petite quantité d'eau chlorée, puis l'agitant avec de l'éther.

Le dosage de l'iode s'effectue par les procédés ordinaires. Je crois cependant qu'il serait préférable d'employer le chlorure de palladium, qui détermine la formation d'un précipité noir d'iodure de palladium. Son poids permet d'évaluer la quantité d'iode et par suite celle de l'iodure.

BROMURE DE POTASSIUM.

Le bromure de potassium est presque totalement éliminé par les reins : j'eus l'occasion, l'année dernière, de le constater chez une malade de la salle Saint-Vincent. Pour combattre ses accès d'hystérie, M. le Dr Pidoux lui faisait prendre 10 gr. de bromure de potassium par jour. J'analysai avec soin le mélange des urines rendues en vingt-quatre heures, et je trouvai 8 gr. 272.

Le dosage du bromure de potassium s'effectue par les procédés ordinaires.

Pour démontrer sa présence dans l'urine, il suffit de la traiter par un excès de chlore : le brome est mis en liberté; on le recueille en agitant le liquide avec du chloroforme qui prend alors la teinte rouge caractéristique.

NITRATE DE POTASSE.

Ce sel est facilement éliminé par les reins. Pour le reconnaître il faut évaporer l'urine; traiter le résidu par l'acide sulfurique et la tournure de cuivre. Sous l'influence de la chaleur il se dégage d'abondantes vapeurs rutilantes. On peut du reste se servir des différents procédés employés pour la recherche des azotates. Quant à la potasse, on la détermine à l'aide du bichlorure de platine.

CHLORATE DE POTASSE.

Pour démontrer la présence du chlorate de potasse dans l'urine, il suffit d'ajouter un peu de sulfate d'indigo et une dissolution d'acide sulfureux. L'acide chlorique est décomposé : l'oxygène se fixe sur l'acide sulfureux, et le transforme en acide sulfurique. Le chlore, mis en liberté, décolore immédiatement le sulfate d'indigo. C'est la rapidité de la réaction qui indique la présence du chlore ; car l'acide sulfureux produit le même effet, mais dans un temps beaucoup plus long.

Le chlorate de potasse est très-employé dans les stomatites diphthéritiques et mercurielles.

ALCALOÏDES. SULFATE DE QUININE.

L'économie se débarrasse des alcaloïdes par la sécrétion urinaire : leur élimination se fait très-rapidement, puisqu'on les retrouve une heure après l'ingestion. On peut constater leur présence à l'aide du tannin, de l'iodhydrargyrate de potasse, etc. ; mais le réactif le plus employé est dû à M. Bouchardat. Pour le préparer, il suffit de dissoudre 2 parties d'iodure de potassium, 1 partie d'iode dans 12 parties d'eau distillée. Le précipité que produit l'iodure ioduré de potassium, dans une urine renfermant un alcaloïde, est orangé foncé, insoluble dans l'eau et dans un excès de réactif. Il est facile de le transformer en sulfate, et de le faire cristalliser. L'examen de ces cristaux et leurs propriétés chimiques serviront à établir la nature des substances qui les constituent. On sait que, dans une solution de quinine, l'addition de chlore et d'ammoniaque donne naissance à une teinte verte.

M. Bouchardat a pu, à l'aide de son réactif, constater chez l'homme la présence de la morphine dans l'urine, et chez les lapins qui se nourrissent impunément de solanées vireuses, il retrouva la daturine et l'atropine.

Ce réactif est très-employé dans les hôpitaux où il fournit les résultats les plus satisfaisants. Je citerai à ce propos un fait assez curieux :

Une malade de la salle Saint-Vincent absorbait 50 grammes de laudanum par jour ; j'examinai ses urines avec soin, et ne trouvai aucune trace d'alcaloïde. Soupçonnant une fraude, je la fis surveiller, et j'appris bientôt qu'immédiatement après l'ingestion du laudanum, qui avait lieu en deux fois et en ma présence, elle prenait une quantité considérable de tannin qu'elle se procurait au dehors de l'hôpital. La morphine était rendue insoluble dans l'estomac, puis éliminée avec les excréments sans que la malade en ressentît le moindre effet.

DU CHLOROFORME.

On a cru longtemps que l'urine des malades soumis aux inhalations de chloroforme contenait du sucre. Il n'en est rien; l'erreur provenait du réactif. Ces urines, additionnées de quelques gouttes de liqueur de Barreswill et soumises à l'action de la chaleur, présentent une magnifique réduction, due au chloroforme, et tout à fait semblable à celle produite par le glucose.

Le chloroforme ne séjourne pas longtemps dans l'économie ; il se retrouve bientôt dans les produits des organes éliminateurs, et principalement dans l'urine.

Pour le rechercher et le doser, il suffit de faire barboter dans l'urine un courant d'air qui se charge de chloroforme, et vient passer dans un tube de porcelaine chauffé au rouge.

L'agent anesthésique est décomposé, le chlore qui en résulte traversant alors un appareil à boules de Liebig, rempli d'une solution de nitrate d'argent, y détermine un précipité de chlorure d'argent. Du poids de ce corps on déduit la quantité de chlore, et enfin celle du chloroforme.

Je termine ici mon travail qui, pour être complet, eût néces-

sité des études plus longues et des recherches plus minutieuses. Ma tâche était difficile en présence des innombrables publications faites sur ce sujet, et des observations contradictoires auxquelles elles ont donné lieu.

Après avoir exposé succinctement l'histoire générale de l'urine, et développé l'étude des produits qu'elle renferme à l'état normal ou pathologique, je me suis vu, pressé par le temps, dans la nécessité d'abréger la dernière partie qui, pour le physiologiste et le pharmacien, est de la plus haute importance. Aussi, j'ose espérer que mes juges apprécieront cette thèse avec indulgence, et me pardonneront les omissions et imperfections qu'elle renferme.

Vu bon à imprimer,

Le Directeur de l'Ecole de pharmacie,

BUSSY.

Vu et permis d'imprimer,

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

A. MOURIER.

